This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

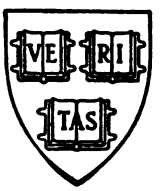
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

QE
585
.B65

HARVARD UNIVERSITY



GEOLOGICAL SCIENCES
LIBRARY

March 1, 1904.

Transferred to
CABOT SCIENCE LIBRARY
June 2005

LUMER
MAR 1 1904 Ueberreicht vom Verfasser
23.104

Zur Entstehung

der

Glarnerischen Alpenseen.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt

der hohen philosophischen Fakultät der Universität Basel

von

SAMUEL BLUMER

von Nidfurn (Glarus).

Juni 1901.

LAUSANNE

Druck von Georges Bridel & Cie

1902

QE
525
.B65

Extrait des *Eclogæ geologicæ Helvetiæ*, Vol. VII, N° 3. Février 1902.

Zur Entstehung der glarnerischen Alpenseen.

Von Samuel Blumer, von Nidfurn (Glarus).

Mit 4 Tafeln.

EINLEITUNG

Die glarnerischen Alpenseen haben schon wiederholt das Interesse von Geologen erweckt. Baltzer, Heim, Mösch, Rothpletz haben in ihren geologischen Arbeiten über die Glarner Alpen sich auch gelegentlich über die Natur und Entstehungsweise der in ihren Gebieten vorkommenden Seen geäussert. Allein es geschah dies nur nebenbei, da die genannten Forscher andere Ziele verfolgten. Ich habe mir nun die Aufgabe gestellt, die in den geologischen Werken über die Glarner Alpen zerstreuten Notizen über die Seen zusammenzustellen, sie durch eigene Beobachtungen zu vermehren und das so gewonnene Thatsachenmaterial in zusammenhängender Weise zu einer kleinen Monographie über die glarnerischen Alpenseen zu verarbeiten.

Die untersuchten Seen sind grösstenteils sog. *Hochseen*, d. h. sie finden sich in Höhen von 1100—2400 m. ü. M. im Gebiet der ersten Thalanfänge. Sie sind teils im Kalk- und Schiefergebirge, teils im Verrucano eingebettet. Im folgenden werden in einem speziellen Teil zuerst die Seen der ersten, dann die der zweiten Kategorie einzeln besprochen und dann in einem allgemeinen Teil einzelne gemeinsame Züge in der Erscheinung der Seen zusammengestellt. Es wurden im ganzen circa 15 Seen und Seelein untersucht, welche sich folgendermassen ordnen:

I. *Seen im Kalk- und Schiefergebirge.*

1. Der Thal- und Spanneggsee.
2. Der Oberblegi- und Guppensee.
3. Der Muttensee.
4. Der untere Wildmaad- oder Kühbodensee.

II. *Seen im Verrucano.*

1. Die drei Murgseen.
2. Der Milchspülersee.
3. Die drei Engiseelein.
4. Die Wildmaadseelein.

Anhangsweise erwähne ich noch eine Gruppe von Seen, die zu den *Thalseen* gehört, und zwar zu denjenigen, die, in tiefern Thalwegen liegend, durch Moränen oder Bergstürze aufgestaute Wasserbecken darstellen. Es sind das der Ober- und Niedersee (Seite 229).

Das Thatsachenmaterial zu vorliegender Arbeit sammelte ich in den Jahren 1897, 1898 und 1899 während meiner Thätigkeit als Lehrer an der Sekundarschule Obstalden. Den Sommer 1900 verwendete ich speziell für die Aufnahme der Kartenskizzen. Im Wintersemester 1900 erfolgte die Verarbeitung des gesammelten Beobachtungsmaterials im geologischen Institut der Universität Basel unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. C. Schmidt, welchem ich an dieser Stelle für seine fördernden Ratschläge meinen besten Dank ausspreche.

SPEZIELLER TEIL

I. Hochseen im Kalk- und Schiefergebirge.

1. Thal- und Spanneggsee.

Blatt 264 des Siegfriedatlas.

a) *Der Thalsee* (Tafel 4).

Zwischen dem Mürtschenstock (2415 m.) und seiner nördlichen Fortsetzung einerseits, dem Neuenkamm (1906 m.) anderseits ist ein schmales, S—N gerichtetes Alpenthal bis auf 1100 m. ü. M. eingesenkt, das «Thal». Im Süden lehnt sich das Thal mit steiler Halde an die im Mittel 1500 m. hohe Terrasse des Spanneggsees an, während seine Sohle in ihrem mittlern Teil das geringe Gefälle von 4—5 % zeigt, um dann weiter thalauswärts plötzlich wieder um circa 30 m. zu steigen bis zur ersten Sennhütte im Vorderthal. Von da an ist der Thalboden auf circa 100 m. fast horizontal, um dann in einem runsenartigen, scharf in die Felsen eingeschnittenen Thal seine Fortsetzung zu finden, das mit starkem Gefälle

dem Filzbach und damit dem Walensee zustrebt (vergl. hiemit beigegebenes Profil auf Tafel 4).

So bildet also das eigentliche « Thal » gewissermassen eine Schüssel, die nach Norden geneigt ist. Im tiefsten Punkt dieser Schüssel befindet sich ein kleiner See, der *Thalsee*.

Das Thalseelein hat eine Länge von circa 400 m. und eine mittlere Breite von 150 m. Nach Professor Dr. Asper und J. Heuscher, welche seiner Zeit bei Anlass ihrer biologischen Untersuchungen einer Reihe von ostschweizerischen Alpenseen[1] den Thalsee, sowie auch den Spanneggsee und die drei Murgseen ausgelotet haben, ist der Thalsee durchweg untief. « Die grösste Tiefe liegt in der Nähe des westlichen Ufers mit 2,8 m.; die Seemitte schwankt zwischen 2,3 und 2,4 m. Gegen das südliche und östliche Ufer steigt der Seeboden sanft an bis zu einer durchschnittlichen Ufertiefe von 0,5 m. » Die unsymmetrische Lage der Zone grösster Tiefe hart am linken oder westlichen Ufer ist wohl eher eine primäre, bedingt durch das Nordwesteinfallen der Malmschichten, als eine sekundäre, verursacht durch eine stärkere Auffüllung der östlichen Seehälfte.

Zuflüsse erhält das Seelein durch Quellen, die zum grössten Teil wohl unterseeisch aus den Schuttkegeln hervortreten, die vom Neuenkamm und Hohmatt herunter in den See sich hinausschieben. Einen konstanten Bach hat das Thal nicht.

Der Abfluss des Seeleins ist ein unterirdischer. Er befindet sich rechts am vordern Ende. Das Wasser fliesst hier mit gurgelndem Geräusch in eine Spalte des zerklüfteten anstehenden Troskalkes (oberster Malm).

Das Seebecken liegt ganz in anstehendem Gestein (Malm), und zwar bildet es, wie schon angedeutet wurde, nur den Boden einer grössern, in anstehendem Fels modellierten Wanne (vergl. Profil auf Tafel 4). Die Nordseite dieser Wanne bedarf noch einer nähern Besprechung. Am Nordufer erhebt sich zunächst aus dem See ein circa 5 m. hohes, teilweise abgeschrägtes Bord von anstehendem Troskalk, an welches sich nordwärts eine kleine Ebene anschliesst. Diese ist bedeckt mit einer Lehmschicht, welche gerundete und gekritzte Gerölle enthält. Auf der linken Seite dieser Ebene treten aus der Basis der seitlichen Schuttkegel mehrere Quellen heraus, welche über die Ebene dem See zufliessen. Die Ebene wird weiter nach Norden ganz schmal, indem von links die Schutt-

[1] Zur Naturgeschichte der Alpenseen. *Bericht der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft*, 1886/88.

kegel und von rechts ein Vorsprung des Berghanges ganz nahe zusammentreten. Dieser Vorsprung ist selber Träger einer höhern Terrasse, welche nach Norden in das bereits oben erwähnte, fast horizontale Thalstück bei der ersten Alphütte übergeht. Dieses Thalstück steht nun durch ein kurzes Thälchen oder einen Kennel mit der lehmigen Ebene in Verbindung. Der anstehende Troskalk dieses, der allgemeinen Thalrichtung entgegengesetzt geneigten Thälchens zeigt nun deutliche Gletscherschliffe. Im Anschnitt des Weges kann man ferner stellenweise eine harte Breccie beobachten, welche sich bei näherer Untersuchung als zusammengebackene Grundmoräne herausstellt. Auf dem horizontalen Thalstück vor der ersten Hütte liegen auch vereinzelte Sernifit- und Dolomitgerölle umher. In einer Grube auf diesem Thalstück wird sandig-lehmiger Kies mit vielen Sernifit- und Dolomitbrocken zur Beschotterung und zu Stallbauten ausgebeutet. Die kleine Ebene unmittelbar am See, das höhergelegene, horizontale Thalstück vor den Hütten, sowie der die beiden Stufen verbindende Kennel zeigen also unzweifelhafte Spuren ehemaliger Gletscherbedeckung. Beiläufig sei hier auch noch erwähnt, dass sich an der Westwand des Sees über dem hintern Ende bei günstiger Beleuchtung ebenfalls Gletscherschliffe erkennen lassen.

Wenn wir die geologischen Verhältnisse des Thalsees nochmals in aller Kürze zusammenfassen, so ergibt sich also folgendes:

1. Das Seebecken oder vielmehr die ganze Thalschüssel von den Hütten im Hinterthal bis zu denjenigen im Vorderthal liegt ganz in anstehendem Gestein. An eine blosse Abdämmung des Thales durch Schuttkegel oder Moränen kann nicht gedacht werden.

2. Durch Gletscherschliffe, Grundmoränen und verschwemmtes Moränenmaterial ist bewiesen, dass Gletschereis hier einmal anwesend war, und zwar zeigt die Lage der Moränen und der Schliffe, dass die Wanne, wenigstens zum grössten Teil, bereits modelliert war, als der Gletscher sich definitiv zurückzog.

Nach dem Ausgeführten liegt der Schluss nahe, das Seebecken möchte seine Fxistenz einer kolkenden oder aushobelnden Wirkungsweise des Gletschereises verdanken. Bevor ich aber auf eine Erklärung der Entstehung des Sees eintrete, führe ich noch einige Beobachtungen an, die sich an andern Punkten des Thales machen lassen. Im Hinterthal,

unmittelbar vor den Hütten, zieht sich eine wallähnliche Erhöhung quer durch das Thal, die aus zum Teil deutlich sichtbarem, mit Moränenschutt bedecktem, anstehendem Fels besteht. An diesem Wall entspringen seewärts mehrere Quellen. Thalaufwärts ist der tieferliegende Boden sehr lehmig, daher stellenweise weich und sumpfig. Durch Aufbrechen des Bodens und Ausfüllen der Gräben mit Geröll hat man denselben produktionsfähiger zu machen gesucht. Die starke Quelle, welche bei der rechten Hütte aus dem rechtsseitigen Gehängeschutt entspringt, verliert sich gegen den Wall. Wir haben es hier ohne Zweifel mit einem ehemaligen Seebecken zu thun, das aber schon ausgefüllt worden ist. Ebenso gibt es im Vorderthal grössere und kleinere, kesselförmige Vertiefungen im anstehenden karrigen Felsboden, deren Boden sich durch eine fettere Vegetation auszeichnet und die sich bei Regenwetter halb mit Wasser füllen. Die Becken liegen ganz in anstehendem Felsen, und zufliessende Rinnsale haben da und dort den Rand der Schüssel ausgeweitet. Das sich in der Hohlform sammelnde Wasser geht offenbar an derem Grunde unterirdisch ab, während der mitgeführte Schlamm zurückgehalten wird. Diese schüsselförmigen Gruben kann ich mir hier nur entstanden denken durch die chemische Einwirkung des Wassers auf den Malmkalk, der ein sehr reiner kohlensaurer Kalk ist. Diese Grubenbildung, beruhend also auf der chemischen Erosion des nach Spalten unterirdisch abfliessenden Wassers, ist also ein Seitenstück zur Karrenbildung des oberflächlich auf einer geneigten Gesteinsfläche abfliessenden Wassers. Die Karrenflächen sind denn auch wirklich in der Umgebung der Gruben eine verbreitete Erscheinung. Denken wir uns die Schüsseln wasserdichter und die zufliessenden Wasser konstanter, so entsteht ein See im kleinen. — Ganz hinten im « Thal » ist das sog. Hellloch, ein circa 10 m. tiefer und 10 m. im Durchmesser haltender, senkrecht in die anstehenden Malmschichten eingelassener Hohlcylinder. Vom nahen Berghang fliesst Regenwasser und rutscht Lawinenschnee in das Loch hinein, ohne dass sich aber dieses mit Wasser anfüllt. Hier geht also das Wasser rasch unterirdisch fort. Die Steilheit und scharfe Umrissenheit der Borde schliesst eine Entstehung durch die auskolkende Wirkung von Wasser oder Eis aus. Hier bleibt wieder als *einzige* mögliche Erklärung die, dass in dem zerklüfteten, der chemischen Erosion sehr zugänglichen Malmkalk durch versiegendes Wasser eine Doline erzeugt wurde. Denken wir uns die jetzt noch senkrechten Wände des Hellloches durch

die Erosion zufliessender Wasser abgeschrägt, so entsteht ein schüsselförmiges Becken im anstehenden Gestein.

Geleitet durch die angeführten Beobachtungen, komme ich zu folgender Erklärung des Thalsees:

Das jetzige Thal besass früher einen Thalboden in höherm Niveau. Ein Rest desselben ist das schon mehrfach erwähnte Thalstück Alphütten-Scheidweggen. Dieser alte, gleichmässig nach Norden geneigte Thalboden nahm allmählich seine heutige komplizierte Gestalt an. Wir denken uns folgenden Gang der Entwicklung:

1. In dem alten Thalboden, ausgespült in dem zerklüfteten Malmkalk, bildeten sich durch unterirdische Erosion Dolinen, wie wir eine solche im Hellloch kennen gelernt haben.

2. Durch die zufliessenden Wasser wurden diese Schlote oder Trichter schüsselförmig ausgeweitet, und zwar fand naturgemäss die Ausweitung des Randes am stärksten nach der Seite hin statt, von der der meiste Zufluss erfolgte. Die kleinen Becken im Vorderthal zeigen gegenwärtig dieses Stadium der Wannenbildung.

3. In einem weitern Stadium wurde der Boden dieser Hohlformen gedichtet, und es füllten sich diese zum Teil mit Wasser. Diese Stufe repräsentiert der Thalsee, bei welchem die Dichtung des Bodens wahrscheinlich durch die fluvioglazialen Aufschüttungen zur Zeit des Rückzugs des Gletschers bewirkt wurde.

4. Die Auffüllung erreichte einen solchen Grad, dass die ganze Wanne mit Geschiebe sich füllte. So entstanden Ebenen, zum Teil wegen Wasserundurchlässigkeit sumpfig. Die sumpfige Depression bei den Hütten im Hinterthal ist wahrscheinlich ein solches durch fluvio-glaziale Depots aufgefülltes Becken.

Obgleich ich gerne zugebe, dass bei der Ausgestaltung der Wanne des Thalsees der Gletscher mitgewirkt hat, so muss ich doch wegen den oben angeführten Beobachtungen den Thalsee in die Klasse der *Dolinen-* oder *Karstseen* einreihen (vergl. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2. Teil, Seite 269—290). Der Gletscher hat bei der Bildung des Beckens nur eine sekundäre Rolle gespielt, indem er dasselbe im Detail modellierte, die Hauptarbeit hat aber die chemische Erosion des nach Spalten unterirdisch abfliessenden Wassers verrichtet. Aus der Lage der Gletcherschliffe und der Grundmoränenrelikte folgt, dass wenigstens der grösste Teil der

Hohlform bereits gebildet war, als der Gletscher sich zurückzog; also muss die Dolinenbildung vor der letzten Vergletscherung stattgefunden haben. Es wäre aber möglich, dass sie auch unter der Eisbedeckung während der letzten Vergletscherung, vielleicht gegen den Schluss derselben, weiter fortschritt. Für letztere Anschauung scheint mir die Beschaffenheit des Nordufers der Wanne zu sprechen. Ich kann mir die Entstehung der lehmigen Terrasse in demselben nicht anders erklären, als durch die Annahme, der Gletscher hätte vor ihrem Anfang und hinter ihrem Ende je längere Zeit sein Ende gehabt. Während des ersten stationären Zustandes bildete sich unter ihm durch die auflösende Thätigkeit des subglacial nach Spalten abfliessenden Schmelzwassers im Verein mit dem Gletscherschliff eine flache Schüssel, deren Boden im Niveau der lehmigen Terrasse lag. Beim zweiten stationären Zustand vertiefte sich unter dem zurückgegangenen Gletscher der Boden neuerdings, während die vom Eise verlassene Fläche des erstern Schüsselbodens als kleine Ebene, mit Grundmoränen-Material überführt, erhalten bleiben musste.

Zum Schlusse mag noch angeführt werden, dass wir in unmittelbarer Nähe des Thalsees das Wasser in seiner auflösenden Thätigkeit sozusagen an seiner Arbeit sehen können. Auf der Westseite des Sees bemerken wir mehrere Reihen von senkrecht übereinander angeordneten, kesselartigen Ausweitungen in der Troskalkwand. Gehen wir in die unterste und grösste hinein, so beobachten wir in der Decke der Höhle Spalten, durch die fortwährend Wasser heruntertropft. Bei weiterm Beobachten findet man, dass sämtliche Kessel einer senkrechten Reihe durch Spalten miteinander verbunden sind, und man bekommt den Eindruck, dass diese Hohlformen entstanden seien durch die auflösende Thätigkeit des durch die Spalten abwärts tropfenden Wassers.

b) *Der Spanneggsee.*

Da die im folgenden zu besprechenden orographischen und geologischen Verhältnisse auf Blatt 264 des Siegfried-Atlas deutlich genug zum Ausdruck kommen, so wurde von einer besondern Kartenskizze Umgang genommen.

Der Spanneggsee, 1458 m. ü. M., liegt am Grunde einer trichterförmigen, dreieckigen Wanne, welche in eine höhere Thalstufe des « Thales », die Spannegg-Plattenalp, eingesenkt ist. Diese Thalstufe fällt nach Norden in steilem Absturz nach

der Thalalp ab. Sie liegt mehr im Streichen der Schichten, wie wir denn noch mancherorts auf die Thatsache stossen, dass die Alpenthäler in ihren obersten Stufen mehr Längsthäler sind. Zwischen See und Terrassenabsturz ist von dem ehemaligen Thalboden nur ein verhältnismässig schmaler Querriegel übrig geblieben, der aus oberstem Dogger und Schiltkalk (Oxford) besteht.

Das Seelein, das von den mächtigen Schuttkegeln des Mürtschenstocks immer mehr gegen den Querriegel gedrückt wird, hat ungefähr die gleiche Grösse wie der Thalsee, ist aber etwas tiefer. ASPER und HEUSCHER[1] massen in der Seemitte 6,5 m. « Der Seegrund ist auf grosse Ausdehnung flach, die Ufer fallen steil ab, wenige Meter vom Ufer messen wir 3 m., dann 4,5 und 6 m. »

Das Seelein besitzt zwei in ihrer Wassermenge stark schwankende Zuflüsse am südlichen Ufer, wo wir auch den flachsten und am sanftesten abfallenden Seegrund finden. Jedenfalls erhält das Seelein auch ergiebigen unterseeischen Zufluss aus der Basis der grossen Mürtschenstock-Schuttkegel. Ein Auslauf ist nicht konstatierbar. Das meiste Wasser scheint langsam am Grunde zu versiegen.

Bei niederm Wasserstande im See sichtbar werdende gerundete Felsriffe scheinen zu beweisen, dass die ganze Wanne bereits modelliert war, als der Gletseher, oder hier wohl eher der Firn, sich zurückzog. Anderseits schliessen die geringe Modellierung des Querriegels, sowie die Grösse der Wanne, deren tiefsten Punkt nur das Seelein einnimmt, eine Auskolkung durch das Eis aus. Es drängen uns vielmehr die trichterförmige Gestalt der Wanne und die Durchlässigkeit des durch komplizierte Gebirgsbewegungen hart mitgenommenen Kalkgesteins, welche sich auch darin äussert, dass auch jetzt alles zufliessende Wasser, soweit es nicht verdunstet, unterirdisch fortgeht und dass der eine der beiden Zuflüsse bei geringer Wassermenge den See nicht erreicht, sondern vorher versiegt, die Ueberzeugung auf, dass auch der Spanneggsee ein sog. *Karst-* oder *Dolinensee* sei.

Wie oben bereits angedeutet wurde, muss die Wannenbildung *vor*, vielleicht zu einem Teil auch *während* der letzten Vereisung stattgefunden haben, wie es auch beim Thalsee der Fall war. Damit stimmt sehr gut die Thatsache, dass gegenwärtig beide Seebecken im Zustande der Auffüllung

[1] *Bericht der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft*, 1885 bis 1888.

sind, indem sowohl beim Thalsee, als namentlich beim Spanneggsee die Schuttkegel von den Seitenwänden herunter sich immer weiter in den See hinausschieben. Man gewinnt bei ihrem Anblick unwillkürlich die Vorstellung, dass während der letzten Vereisung die Trichter durch die sie erfüllenden Eis- oder Firnmassen vor einer solchen Auffüllung geschützt waren. Die von den Seitenwänden abwitternden Felstrümmer wurden in Form von Gletscher- oder Firnmoränen über den Rand der Hohlform hinaustransportiert. So blieb der Boden geschiebefrei, und beständig konnte das Schmelzwasser der Einlagerung auf ihn einwirken und so die Doline weiterbilden. Nach dem Verschwinden des Gletschers oder Firns begann sofort der Prozess der Auffüllung.

Andere Ansichten über die Entstehung von Thal- und Spanneggsee.

Mösch erwähnt in seinem Buche: *Geologische Beschreibung der Kalkstein- und Schiefergebirge der Kantone St. Gallen, Appenzell und Glarus*[1] den Spannegg- und Thalsee mit den Worten:

« Beide ohne sichtbaren Ab- und Zufluss. Sie scheinen gleichen Ursprungs wie die Murgseen (= Erosionsseen, entstanden durch die in ihre Becken herabstürzenden Gewässer, nach Art der Fjorde Norwegens). Ihre Ufer sind auf allen Seiten von den See überragenden Felsschichten umgeben. »

Gegen diese Anschauung habe ich folgende Gründe anzuführen:

1. Grosse Wassermassen können in diesen Thälern nie cirkuliert haben.

2. Selbst grosse Wasserfälle kolken nur unbedeutend.

3. Die Seebecken sind nur kleine Teile der ganzen Felswannen, welch letztere bei beiden Seen, namentlich aber beim Spanneggsee bedeutende, sowohl Längen- und Breiten-, als auch Tiefendimensionen aufweisen (Tiefe der Wanne beim Spanneggsee 40—50 m., Inhalt der 50 m. über dem Seegrund gelegenen Niveaufläche circa 200,000 m².

Rothpletz hingegen glaubt in seinem Buche: *Das geotektonische Problem der Glarner Alpen* den beiden Seen einen tektonischen Ursprung zuschreiben zu müssen:

[1] Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, 14. Lief., S. 299.

« Beiden Thalstücken ist ihre Fortsetzung nach unten durch eine Hebung des Mürtschenstocks auf N—S streichender Verwerfungsspalte abgeschnitten worden. »

In diesem Falle müsste aber die Verwerfung jünger sein, als die Bildung der beiden Thalstufen, was nicht sehr wahrscheinlich ist. Allein abgesehen davon, ist es mir nicht gelungen, eine Verwerfungslinie zwischen dem Querriegel vor dem Spanneggsee und dem Mürtschenstock zu konstatieren; im Gegenteil scheint sich der obere Dogger (Echinodermenbreccie und Blegioolith) und der Schiltkalk des Querriegels ungestört in und durch das Gestell des Mürtschenstocks fortzusetzen. Verwerfungen sind allerdings in der Nähe des Spanneggsees zu beobachten (vide Heim, *Gebirge zwischen Reuss und Rhein*, S. 192). Allein diese müssen älter als die Bildung der Thalstufen sein, so dass auch in diesem Falle die Wannenbildung nur ein Produkt der spätern Erosion sein kann.

Für das Phänomen der unterirdischen Erosion in allen ihren Stadien bietet das Hochplateau « Wallenfässis » im Osten des Heustocks interessante Einzelheiten. Wir finden da eine ganze Anzahl von trichterförmigen Vertiefungen, eingesenkt in den gelblich-weissen, karrigen Röthidolomit. Nach diesen Trichtern sind von der Bergseite her in den auflagernden roten, leicht verschwemmbaren Quartenschiefer prachtvolle Thälchen ausgespült worden mit sehr verschiedenem Gefälle. Neben ganz kurzen Thälchen, welche steil zu den gut sichtbaren Spalten des Trichters abfallen, gibt es längere und breitere Thäler mit sanftem Gefälle, an derem Ende die Trichterspalten je unter einer deutlich ausgeprägten, kleinen Alluvial-Ebene verdeckt liegen. Auf der Südseite des Heustocks, in der Schafweide der Fässisalp haben sich in einem solchen blinden Thale, ausgespült im Quartenschiefer, mehrere kleine Seen gebildet.

2. Oberblegi- und Guppensee.

Blatt 400 des Siegfriedatlas.

Der Oberblegi- und Guppensee zeigen die gleichen physikalischen und geologischen Verhältnisse, nur in ungleichem Masstab. Beide liegen in kleinen Längsthälern, welche in den Opalinusthonen zweier Terrassen am Südostabhang des Mittel- und Hinterglärnisch ausgespült sind. Beide Seen haben

ferner das gemein, dass ihre Thäler nach Süden sich senken, und dass sie bei ziemlich reichem Zufluss von den Firnbändern des Glärnisch ihre Wasser unterirdisch durch zum Teil deutlich sichtbare Spalten des anstehenden, mit circa 40° in den Berg einfallenden Liasgesteins abfliessen lassen.

Wie gesagt, liegen beide Seen im tiefsten Teil jetzt blind endigender Thäler. Das Thalstück, welches je thalauswärts der beiden Seen liegt, beansprucht am meisten unser Interesse, da dessen genaue Untersuchung uns vielleicht den Schlüssel zur Erkennung der Entstehung der beiden Seen liefert. Der Oberblegisee, den wir zuerst besprechen, ist der grössere der beiden Seen, und die hier zu konstatierenden Verhältnisse finden sich in kleinerm Masstabe beim Guppensee wieder.

a) *Der Oberblegisee* (1426 m. ü. M.).

(Tafel 5).

Vor dem See liegt ein circa 200 m. breites Terrassenstück, das mit kleineren Liaswänden steil nach dem Linththale zu abfällt. Dieses Plateau, das nichts anderes als ein übrig gebliebenes Stück eines alten Thalbodens des Oberblegiseethales ist, besteht aus in den Berg einfallenden Liaskalken, die ihre von Gletscherschliffen geglätteten Schichtflächen zwischen mehreren Kränzen von Endmoränen des alten Glärnischgletschers hie und da sichtbar werden lassen. Dieses Plateau zeigt an mehreren Stellen des nach dem Linththal zugekehrten Randes eingesattelte Stellen, die mit Moränenmaterial erfüllt sind und sich als ehemalige Wasserrinnen zu erkennen geben. Doch lässt sich am felsigen Terrassenabsturz leicht nachweisen, dass diese Wasserläufe sich nie so tief in die Liasbarriere eingeschnitten haben, dass ihre Rinnen die direkte Fortsetzung des Seebodens bilden könnten. Wir haben also im Oberblegisee keineswegs eine blosse Abdämmung eines Wasserlaufes durch Moränen vor uns. Es bildet sich vielmehr bei den Beobachtungen die Ueberzeugung aus, dass das Seebecken in anstehendem Fels gebildet sei. Man könnte nun an eine Auskolkung der Wanne durch Gletschereis denken, umsomehr, als das Becken in den weichen Opalinusschiefern liegt. Wirklich treffen wir auf zahlreiche Spuren ehemaliger Gletscherthätigkeit. Auf dem Plateau vor dem See liegen mehrere Kränze von Endmoränen des alten Bächifirngletschers (siehe Kartenskizze auf Tafel 5). Freiliegende Felsköpfe der Liasbarriere zeigen schöne

Gletscherschliffe, die sich bei niederm Wasserstand des Sees bis tief unter das gewöhnliche Seeniveau konstatieren lassen. Letztere Erscheinung beweist, dass wenigstens ein Teil des Seebeckens bereits modelliert war, als sich der Gletscher zurückzog. Allein gegen eine Auskolkung durch Eis spricht der Umstand, dass nach den von Dr. H. Fischli seiner Zeit gemachten Vermessungen Schweiz. Alpenpost 1883) das Seebecken eine ziemlich beträchtliche Tiefe (30 m.) und eine trichterförmige Beschaffenheit aufweist, während doch sicher ein Gletscher ein sehr flaches, schüsselförmiges Becken mit auf grosse Strecken fast ebenem Boden auskolken müsste.

Wenn wir den Ufersaum bei niederm Wasserstand untersuchen, so treffen wir an mehreren Stellen auf über zollbreite Spalten, die stellenweise zu einer Art Trichter erweitert sind. In diese Spalten, bezw. Trichter strömt das Wasser mit einem eigentümlichen Rauschen hinein. Diese Spalten lassen sich vom Seespiegel oft mehrere Meter aufwärts deutlich verfolgen, bis dann Schutt oder Vegetation sie verdeckt. Ich habe 5 solcher Abflusspalten konstatieren können. Sie streichen alle mehr oder weniger SO–NW, also senkrecht zum Streichen der Schichten. Die wichtigste Abflussstelle findet sich vorn am See auf Rietlen. Bei normalem Wasserstand bemerkt man sie nicht. Bei niedrigem Wasserstand im Winter hingegen fliesst vom Seespiegel her ein Bach auf dem nun trocken gelegten Seeboden dahin, der sich in zwei Aeste teilt, welch' letztere in zwei trichterförmigen Gruben sich verlieren. Während der zu Tage getretene Seeboden mit einer 30—50 cm. mächtigen Schicht eines schwärzlichen Schlammes bedeckt ist, sind Bachbett und Gruben davon frei und wir sehen, dass Bachbett und Gruben nichts anderes sind als Spalten, die mit scharfkantigem Geröll grössern und kleineren Kalibers erfüllt sind. Das Anschlagen einer Anzahl der eckigen Felsstücke lässt erkennen, dass diese von Moränen des Bächifirngletschers herrühren müssen, da Malm und Kreide vorherrschen.

Oftmals sieht man auch an über dem normalen Spiegel liegenden Stellen der vom Gletscher geglätteten Liasschichten Löcher, mit Heu, Gras, Holz erfüllt. Es sind dies nichts anders als Abflussröhren, welche nur bei aussergewöhnlich hohem Wasserstand in Funktion treten. Wir sehen aus den angeführten Thatsachen deutlich, dass der Abfluss des Sees ein unterirdischer ist, der durch Spalten des anstehenden Gesteins erfolgt. Je höher der See steigt, ein desto grösserer

Querschnitt der Spalten, resp. desto mehr Abflusstrichter treten in Wirksamkeit. Dass der Lias klüftereich und so zur Bildung von Abflusspalten geeignet ist, kann Niemand wundern, der die Tektonik des Glärnisch kennt; bildet doch der Lias die Basis einer übergeschobenen Gebirgsmasse.

Aus dem Angeführten ergibt sich, dass der Oberblegisee wohl am besten als Dolinensee aufzufassen ist, der aber auch eine Einwirkung durch Gletscherthätigkeit erfahren hat. Die Opalinusthone werden einst am Südostabhang des Glärnisch eine Verwitterungsterrasse gebildet haben, wie es gegenwärtig die Valanginien-Mergel des obern Firnbandes und die Drusbergschichten der Guppenfirnterrasse in grösserer Höhe thun. Ein Rest dieser ehemaligen Verwitterungsterrasse ist die Grenzscheide zwischen der Oberblegi- und Guppenalp. Ueber diese Terrasse flossen die Bäche, welche von den hangenden Malmwänden herunterkamen, weg und erzeugten am Terrassenabhang Erosionsfurchen. Von einem solchen einstigen Zustand zeugt die verlassene Erosionsfurche des Leuggelbaches, die sich deutlich bis auf den einstigen Terrassenrand hinauf verfolgen lässt, während doch jetzt der Bach als Quelle erst circa 500 Meter unter dem Rande aus dem Terrassenabhang heraustritt (vide BALTZER, *Glärnisch*, S. 63). In einem folgenden Zeitraum wurde auf der Terrasse durch Erosion gegen das Bächithal hin ein sekundäres Längsthal ausgewaschen, und die Bäche, die früher direkt über die Terrasse weggeflossen waren, sammelten sich nun in diesem Längsthal und nahmen über Rietlen hinaus ihren Weg zum Bächibach. In einem folgenden Stadium nun gerieten die erodierenden Wasser auf das Liegende der so leicht verwaschbaren Opalinusthone, auf den spaltenreichen Liaskalk und verloren sich in dessen Spalten. Nach diesen Spalten wurden nun Trichter im Thalboden erodiert. Die einzelnen Trichter verschmolzen im Laufe des Prozesses zu einem Gesamttrichter. Nun rückte die Schneegrenze in die Nähe der Terrasse und das Tal füllte sich mit einem Firn. Die ehemalige Firnbedeckung hatte nicht immer die gleiche Mächtigkeit. Zur Zeit ihrer grössten Mächtigkeit reichte sie bis zum Punkt 1665 m. hinauf, was einer Mächtigkeit von rund 200 m. entspricht, und lagerte dann bei schwindender Mächtigkeit die Moränen des « Weissgandes » ab, die mit ihrem hellen Malmgestein so vom dunkeln Liaskalk des einstigen Terrassenrandes kontrastieren. Das Ende der Eiszunge muss bei diesem Hochstande ziemlich weit hinabgereicht haben bis in den Oberblegi-Unterstafel und noch

weiter hinunter. Zeugen davon sind die ansehnlichen Moränenwälle auf Oberblegi-Unterstafel, Zeferzaun, Bärensool.

Einen spätern Stand des sich zurückziehenden Oberblegigletschers markieren die Kränze von Endmoränen vorn am See auf Rietlen und die prachtvoll erhaltenen Moränenbogen, hinten im Talkessel am linken Gehänge. Während dieser Periode hing das Gletscherende vielfach über den Terrassenabsturz von Rietlen herunter und es fanden wohl häufige Gletscher-Abstürze statt. Die Gletscherstürze, die auch Moränenmaterial mitrissen, gaben wohl Veranlassung zur Bildung der Moränenschuttkegel, die sich vom Terrassenabsturz bis in die Unterstäfel von Oberblegi und Bächi hinunterziehen. Eine dritte Phase im Rückzuge des Glärnischgletschers bezeichnet die Moräne hinter den Hütten im Oberstafel. Durch diese Gletscher-, resp. Firneinlagerung wurde das kleine Längsthal des Oberblegisees in seiner Gestalt modifiziert: es erhielt einen kahrähnlichen Charakter[1]. Aber auch der Trichter in der Sohle des Thales wurde durch die abschleifende Thätigkeit des Eises ummodelliert. Beim Rückzuge des Gletschers, der, wie aus der Folge der Moränen zu ersehen ist, ein langsamer gewesen sein muss, wurden die Trichterspalten durch die Moränendepôts zum Teil verstopft, und die Hohlform, welche bis zu diesem Zeitpunkt durch die Gletschereinlagerung vor einer Auffüllung mit Schutt geschützt war, musste sich zu einem Teil mit Wasser füllen.

Wohin gelangen aber die Abflusswasser? Am Absturz des Plateau von Rietlen nach dem Oberblegi- und Bächi-Unterstafel treffen wir am Fusse der Liaswand zahlreiche Quellen, die zum Teil sich sammeln und kleinere Bäche bilden, welch letztere aber bald in den Schutthalden, die sich an den Terrassenabsturz anlehnen, versiegen. Weiter unten hingegen, im « Zeferzaun » und « Brückli » kommen zahlreiche, sehr konstante Quellbäche zu Tage, welche dem Luchsingerbach zueilen. Ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich diese Quellbäche, die noch am Nachweihnachtstage 1900 eine unverminderte Wassermenge führten, während die oberhalb liegenden Quellen abgestorben waren, mit dem Abflusswasser des Oberblegisees in Verbindung bringe, obgleich ein direkter Nachweis eines solchen Zusammenhanges vermittelst Fluorescein, den ich in den Weihnachtsferien oben genannten Jahres machte, ein negatives Resultat ergab.

[1] Siehe bei Richter, *Geomorph. Unters. in den Hochalpen*, den Abschnitt: Entstehung der Kahre. *Petermanns Mitteil.*, Erg.-Heft 132, 1900.

Die Dauer der Beobachtungszeit (24 Stunden) war wahrscheinlich nicht ausreichend. Unmittelbar vor der Einmündung des Alpweges auf der Nordseite in den Unterstafel der Oberblegialp kommen mehrere Quellen hervor, die zusammen den Steinigerbach bilden. Auch weiterhin nach N kommen am Linththalgehänge mehrere Wasser zum Vorscheine, von denen es dahingestellt bleiben muss, ob sie vom Oberblegisee kommen oder blos die Sammelquellen der Atmosphärilien sind, die auf die Rücken des Weissgand und des Eyenstockes fallen. Die nördlichste und beträchtlichste dieser Quellen ist der Leuggelbach oder Vorbach, der aus mehreren Röhren hoch oben an einer Felswand in der Nähe einer Ueberschiebungsfläche herausströmt. Von Alters her galt er beim Volke als der Abfluss des geheimnisvollen Oberblegisees, welche Anschauung in einer Sage Ausdruck gefunden hat. Allein seine Entfernung vom See, die auf der Karte gemessen 1,4 km. beträgt, macht es nicht sehr wahrscheinlich, dass sein Wasser aus dem See kommt. Ueberdies haben mehrere ausgedehnte Färbversuche mit Fluorescein stets ein negatives Ergebnis geliefert. Viel wahrscheinlicher ist, dass der Leuggelbach die Sammelquelle der Wasser ist, welche auf den Liasrücken von Eyen-Leuggelstock und in den Hintergrund des Oberblegiseethales fallen.

Dass die Trichterbildung im Lias dieser Gegend ein thatsächlicher Vorgang ist, lässt sich heutzutage noch beobachten. Bei einer Begehung des Liasplateau des Leuggelstockes trifft man sehr viele trichterförmige Vertiefungen an in verschiedenen Stadien der Entwickelung. Während einige Trichter blos Löcher darstellen, wo alles sich darin sammelnde Wasser rasch versiegt, haben bei andern die Zuflüsse die Wand des Trichters eingethalt und auf dem Grunde schon Auffüllungen bewirkt. Bei einigen von diesen Trichtern welche gegen den Rand des Plateaus zu liegen, konnte ich konstatieren, dass sie in unmittelbarem Zusammenhange mit einer am Ausgehenden deutlich sichtbaren Spalte stehen. Bei dieser karstigen Beschaffenheit des Lias ist leicht einzusehen, dass auf seiner ganzen Oberfläche die atmosphärischen Niederschläge schnell in den Boden sickern und im Innern des Stockes sich sammeln werden, um an der Basis an geeigneten Stellen als Quellen wieder zum Vorschein zu kommen. So tritt der Leuggelbach in der Nähe der Linie zu Tage, längs welcher sich der Lias des Glärnisch über den Dogger im Dache einer tiefern Schichtreihe übergeschoben hat.

b) *Der Guppensee* (circa 1520 m. ü. M. Taf. 7)[1].

Derselbe hat genau dieselbe Entstehung wie der Oberblegisee; nur liegen hier die Abflusstrichter so tief und stehen in einem solchen Verhältnis zu den Zuflüssen, dass sich der Boden des Felsbeckens kaum 2 m. hoch mit Wasser bedeckt. Auch hier zeigt die Lage der Moränen an, dass das Seebecken schon ausgespült war, als der Glärnischgletscher sich zurückzog. Das ganze Liasplateau der Guppenalp ist ebenfalls sehr reich an kleinern Trichtern und unterirdischen Hohlräumen (« Töniloch »), wesshalb auch hier die atmosphärischen Niederschläge rasch in den Berg hinein sich verlieren, um am Linththalabhang in Form von Quellen zu Tage zu treten. Zu diesen gehört der Alpli-Brunnen, der aus dem Dach des Sernifits heraustritt. Vielleicht empfangen auch die zahlreichen Quellen der Flyschterrasse von Leuggelen von diesem Wasser. Interessant sind noch die zahlreichen verlassenen Erosionsrinnen, die sich am Rand der Terrasse von Oberguppen zeigen und steil nach dem Linththal hinuntergehen. Diese sind der Reihe nach von N nach S durch die Thalbildung auf der Guppenterrasse ausser Funktion gesetzt worden. Das tiefste Niveau unter den Anfangspunkten dieser Erosionsrinnen besitzt die Leuggellücke, der Anfangspunkt der südlichsten Erosionsrinne, der jetzt wasserleeren Glättenruns, welche allem Anscheine nach zuletzt der oberirdische Abfluss der Wasser des Guppenthälchens gewesen ist.

Ein Wort verdient noch der dilluviale Guppengletscher. Zur Zeit seiner grössten Ausdehnung reichte er von Guppen durch die « Dole » und über die Terrasse von Leuggelen bis nach dem Dörfchen Nidfurn hinunter. Einen Beweis hiefür liefert die Moräne auf der Matt (600 m.) bei Nidfurn, die fast ganz aus den Gesteinen des Glärnisch gebildet ist und die Seitenmoräne auf dem Bord des Eggberges (900 m.) auf Leuggelen. Einer spätern Phase entsprechen die Geschiebe und die Blockanhäufung der Leuggelenberge. Noch später hatte sich das Gletscherende bis auf Guppen zurückgezogen, wo der Gletscher wohl längere Zeit stationär blieb und die zahlreichen Moränen ablagerte, die sich jetzt noch so auffällig machen (vide Kartenskizze auf Tafel 7).

Die gleiche Entstehung wie der Oberblegisee und Guppen-

[1] Aus Versehen wurde der Guppensee falsch orientiert; die Längsachse der Wanne geht nicht SE—NW, sondern SW—NE.

see hat das auf der Terrasse des obern Stafels der Brächalp liegende *Brächseelein* (1635 m.), das aber im Sommer oft ganz wasserleer ist. Auch die Wasser dieser Terrasse sammeln sich durch Spalten im Innern des Gebirges und kommen am Terrassenabsturz als starke Quellen zum Vorschein.

Geschichtliches.

Baltzer widmet in seiner klassischen Arbeit über den Glärnisch[1] dem Oberblegisee auf Seite 63 einen sehr ansprechenden Abschnitt. Er fasst darin den Oberblegisee als einen Erosionstrichtersee auf. Meine eigenen Untersuchungen stimmen vollständig mit Baltzers Anschauungen überein und bilden nur eine Ergänzung seiner diesbezüglichen Ausführungen.

Fischli vermass 1883 den See und stellte zahlreiche Beobachtungen über den Härtegrad seines Wassers im Vergleich zu demjenigen der umliegenden Bäche und Quellen an[2].

Swerinzew[3] glaubte die Entstehung des Oberblegisees, wie überhaupt der meisten Alpenseen, auf die kolkende Wirkung der Bäche und auch teilweise des Eises zurückführen zu können. — Was die Auskolkung durch das Wasser speziell anbelangt, so verweise ich auf den Umstand, dass die jetzigen Zuflüsse statt auskolkend, ablagernd wirken. Aber selbst wenn man grössere Wassermengen in Rechnung bringt, so erscheint es unmöglich, dass die Abflüsse der schmalen Firnterrassen der Südostseite des Bächistocks eine Gesteins- oder besser eine Schiefermasse vom Inhalt der Seewanne über eine Schwelle hinausbefördert hätten, deren tiefste Stellen circa 40 m. über dem jetzigen Seegrund liegen[4]. — Was eine Auskolkung durch den Gletscher anbelangt, so habe ich auf Seite 208 schon die Gründe angegeben, welche mir gegen eine Modellierung der Wanne des Oberblegisees durch den Gletscher *allein* zu sprechen scheinen. In der That ist auch das Relief der Seewanne noch lange kein so glaciales, wie es der Fall sein müsste, wenn der Gletscher die Wanne gegraben hätte. Noch deutlicher als beim Oberblegisee spricht die Form der Wanne beim Guppensee gegen Wasser- oder

[1] Der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues, 1873.
[2] *Schweizerische Alpenpost*, 1883.
[3] Zur Entstehung der Alpenseen. *Inaugural-Dissertation*, Zürich 1896.
[4] Vergleiche ferner die Besprechung der Dissertation von Swerinzew durch Baltzer in den *Eclogæ Geologicæ Helvetiæ*, V, No 3, Juli 1897.

Eiskolk und für unterirdische Erosion im Sinne der Trichterbildung.

ROTHPLETZ endlich rechnet in seinem Buche: *Das geotektonische Problem der Glarner Alpen* den Oberblegisee ebenfalls zu den Dolinenseen, ohne allerdings auf eine nähere Begründung einzutreten.

3. Der Muttensee (2442 m. ü. M.)[1].

Blatt 404 des Siegfriedatlas.

Der Muttensee ist der höchstgelegene und zugleich grösste Gebirgssee des Kantons Glarus (circa 1 km. breit und 500 m. lang). Er liegt mit noch einigen Trabanten in einem kesselförmigen Hochthal, das sich zwischen Nüschenstock, Scheidstöckli und Ruchi drängt. Dieses Hochthal erweist sich durch seine Form als ein inaktives Kar, d. h. es verdankt seine Form einer ehemaligen Gletschereinlagerung, wie es heutzutage noch bei den benachbarten Hochthälern der Gletscher von Cavirolas, Fluaz der Fall ist. In der That zeigen die Nummulitenkalke und eocänen Quarzite des Vorlandes des Sees prachtvolle Gletscherschliffe mit Schrammen und tragen stellenweise viel gerundetes Moränenmaterial. Das Vorland weist aber auch viele Spalten und Trichter auf und trägt mehrere kleine Seelein, deren Ausflüsse nach dem Hauptsee zurückfliessen. Der Abfluss des Sees ist eine Strecke weit ein oberirdischer, dann aber verschwindet der Bach, nachdem er in ein Thälchen hinuntergestürzt ist, daselbst in einem Trichter, wie es auch die Karte angiebt. Der Wiederaustritt aus dem Boden ist nicht mehr zu konstatieren, obgleich die Karte den Muttenbach als Fortsetzung erscheinen lässt. Letzterer kommt aber nicht als Quelle aus dem Boden, sondern von den Firnbändern, «Latten,» des Muttenstocks herunter. Die Wasser des Muttensees kommen wahrscheinlich erst im Limmerntobel unten in Form von sehr konstanten Quellen zum Vorschein. Der Volksmund allerdings lässt auch die prachtvolle Felix- und Regulaquelle im «Reitischachen» unten im Linththale an der Strasse von Auen nach dem Tierfehd mit dem Muttensee in Verbindung treten. Aber bei dem komplizierten Faltenbau des Gebirges ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass das Muttenseewasser einen

[1] Da auf Blatt 404 des Siegfriedatlas die zu besprechenden orographischen Verhältnisse deutlich genug hervortreten, so konnte von einer besondern Kartenskizze Umgang genommen werden.

Weg zurücklege, der in der Vertikalprojektion 1600 m. und in der Horizontalprojektion 5 km. misst.

Während einerseits wegen der kahrähnlichen Form des Hochthales, der Gletscherschliffe und Moränen ein gewisser Anteil des Gletschers an der Modellierung des Hochthales und des in dessen Boden eingesenkten Seebeckens nicht abgeleugnet werden kann, so darf man anderseits wegen der durch die Höhenlage und das Fehlen von grossen Firnmulden bedingten geringen Mächtigkeit des Gletschers, ferner wegen der Unebenheit des einst vom Gletscher überfahrenen Vorlandes, dem Gletscher weder die Erodierung des Kesselthals, noch die Auskolkung des Seebeckens zuschreiben. Gegen eine solche Auskolkung sprechen auch mehrere unterseeische Felsrippen, welche, allerdings geglättet, in einer gewissen Distanz das Südufer begleiten, sowie der steile Abfall des Südufers, der Stosseite des Gletschers. Nach meiner Anschauung rührt das Hochthal des Muttensees in seinen ersten Zügen her von der Arbeit der Verwitterung und des fliessenden Wassers. Die Bildung des Seebeckens, welches sekundär in den Flyschboden dieses Thales eingesenkt ist, führe ich auf die unterirdische Erosion nach Spalten des liegenden Nummulitenkalkes und Quarzites zurück. Erst jetzt denke ich mir die Vereisung eintretend, der Gletscher oder wohl besser der Firn des Hochthales gibt dem Hochthal allmählich den Kahrcharakter und schützt zugleich den Trichter vor Verstopfung durch die Verwitterungsprodukte. Er schleift an den vorstehenden Partien des Thalbodens seine Hohlkehlen und Schrammen ein und lagert beim Zurückgehen seine Grundmoräne ab, durch welche wir uns den Trichterboden verstopft denken können. Beim Muttensee würden sich also Kahr- und Dolinenbildung durchkreuzen. Nach der Form des Hochthales ist der Muttensee ein Kahrsee. Die Gestalt und Lage des Beckens, das Vorkommen von Spalten und Trichtern auf dem Vorlande drängen uns eine Erklärung des Muttensees als eines Dolinensees auf. Auch Rothpletz [1] zählt den Muttensee zu den Karstphänomenen. Die kleinern Seen, Trabanten des grossen, sind teils ebenfalls Dolinenseen, teils Abdämmungsseen, hinter Moränenrelikten gelegen.

Von grossem Interesse wäre es, durch Vermessung und Lotungen die Gestaltsverhältnisse des der direkten Beobachtung entzogenen Teiles der Seewanne festzustellen. Das würde ohne Zweifel manches Streiflicht auf die Entwicklungsgeschichte des Muttensees werfen.

[1] Das geotektonische Problem der Glarner Alpen, S. 242.

4. Unterer Wildmaadsee.

(2050 m., Tafel 7).

Blatt 401 des Siegfriedatlas.

Das Wildmaadseelein liegt in einer in der Richtung NO—SW langgestreckten Bodensenkung, die in den weichen, eocänen Gesteinen einer Hochterrasse der Kühboden-Alp am Ostabhange der Kärpfstockkette ausgespült worden ist (vergl. Kartenskizze auf Tafel 7). Der Abfluss erfolgt senkrecht zur Richtung des Sackthälchens nach SO längs einer Spalte, die einer Verwerfung entspricht. Die Wasser kommen am Fusse der Nummulitenkalkwand, welche den Terrassenabsturz bildet, als starker Bach wieder zum Vorschein. Auf der Terrasse liegt viel Moränenmaterial, zum Teil in Wallform. Form des Thälchens, seine Ausspülung in den weichen eocänen Schiefern, Durchlässigkeit des spaltenreichen Nummulitenkalkes rangieren auch dieses Seelein unter die Dolinenseen, zu welchen es auch Rothpletz zählt (*Das geotektonische Problem der Glarner Alpen*, S. 243).

II. Hochseen im Verrucano.

1. Die Murgseen.

(Tafel 6).

Blatt 264 des Siegfriedatlas.

Die drei Murgseen liegen auf drei alten Thalstufen im Hintergrunde des Murgthales, welches in diesem obern Teile den Charakter eines Längsthales hat, während es in seinen mittlern und untern Partien mehr ein Querthal darstellt. Alle drei Seen liegen, wie übrigens das ganze Murgthal, im roten Sernifit oder Verrucano. Sie gehören nicht mehr dem Kanton Glarus an, liegen aber so nahe an seiner Grenze, dass ich sie auch in meine Untersuchungen einbezog, um so eher, als der oberste von ihnen grössern Umfanges ist und als Typus gelten kann für alle später zu besprechenden glarnerischen Hochseen des Sernifitgebietes.

Der oberste der drei Seen ist der grösste. Er liegt 1825 m. ü. M. und ist circa 500 m. lang und ebenso breit. Er ist im Norden, Westen und Süden cirkusartig von hohen Sernifitbergen (Höhen von 2200—2500 m.) umgeben, zwischen welche sich zwei Passsättel von 2000 m. Höhe einschieben.

Nach Osten, also thalauswärts, trennt ihn eine nur wenige Meter über den Seespiegel sich erhebende Felsbarriere von dem zweiten, kleinern, nur 10 m. tiefer gelegenen See. Der oberste Murgsee hat eine fast quadratische Gestalt, entsprechend seiner Lage in einem cirkusförmigen Thalschluss. Von den Wänden dieses Cirkus laufen die Bäche radienförmig gegen den See zusammen. Aber nur der Bach, der von der Widdersteinerfurkel herunterkommt, hat in den Halbkreis des Cirkus eine nennenswerte Ausbuchtung modelliert. Der Riegel, der das Wasser des Thalschlusses aufstaut, besteht aus anstehendem Sernifit. Er ist durch drei Einschnitte gegliedert. Diese Einschnitte betrachte ich als reine Erosionsrinnen, und zwar müssen dieselben zum grössten Teil gebildet gewesen sein, als der dilluviale Murggletscher diese Thalstufe zum letzten Mal überfuhr. Wie nämlich die unregelmässige, in lauter Rundhöcker mit SW—NO gerichteten Einschliffen aufgelöste Oberfläche des Riegels beweist, floss der Gletscher schief über die Barriere. Die Nordseite der Einschnitte, als die Stossseite des Gletschers, zeigt nun typische Eiswirkungen, während die Südseite entsprechend der Leeseite eine gewöhnliche Beschaffenheit hat. In allen drei Einschnitten findet sich zudem gerundetes Sernifitgeröll. Der mittlere von ihnen dient gegenwärtig als Abflussrinne, an deren unterm Ende der Bach in einem kleinen Wasserfall über den Steilabsturz des Riegels hinunterfällt. Was die Tiefe des Sees anbelangt, so ergaben die Lotungen, welche seiner Zeit die Herren Prof. Dr. Asper und J. Heuscher bei Anlass ihrer biologischen Untersuchung gemacht haben, « dass dieser grosse See gegen das Nordufer die grösste Tiefe von 23 m. besitzt. Die durchschnittliche Tiefe beträgt etwa 13 m.; der Seegrund ist gegen N geneigt und steigt im allgemeinen sehr steil zum Ufer an. Die einzige seichte Stelle liegt an der östlichen Ecke[1]. » Leider haben die genannten Forscher ihre Lotungswerte nicht in ein Kärtchen eingetragen, wie sie es bei den andern von ihnen untersuchten Seen der Kantone St. Gallen und Appenzell gethan haben. Doch drängt einem ihre obige Darstellung die Ansicht auf, dass das Becken des obersten Murgsees eine flache Schüssel darstellt, welche, da sie nach N geneigt ist, die erweiterte Fortsetzung des Thales, das von der Widdersteinerfurkel herunterkommt, bildet.

[1] Prof. Dr. Asper und J. Heuscher: Zur Naturgeschichte der Alpenseen. *Bericht der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft* für 1885/86.

Der mittlere Murgsee, 1815 m. ü. M., erscheint auf den ersten Blick sehr seicht. Nach ihren Lotungen erklären die oben genannten Forscher diesen See als «ein sehr gleichmässiges Becken, dessen flacher Seegrund allmählich gegen die Ufer ansteigt. Die Mitte zeigt auf grosse Strecken Tiefen von 11—13,5 m.; das Nordufer ist etwas flacher ansteigend, als das Südufer.» Am Nordufer findet sich ein schöner, bogenförmiger Moränenwall. Da der obere Murgsee bei 1825 m. Spiegelhöhe eine Maximaltiefe von 23,5 m. hat und der mittlere Murgsee, 10 m. tiefer gelegen, nur 13,5 m. Maximaltiefe aufweist, so ergibt sich, dass die tiefsten Stellen der beiden Seen fast in gleichem Niveau liegen, nämlich auf 1802 m. Die ganze Thalstufe des mittlern Murgsees ist ebenfalls reich an glacialen Erscheinungen. Das nördliche und östliche Ufer stellt eine typische Rundhöckerlandschaft dar. Zwischen den einzelnen Rundhöckern finden sich thalförmige Rinnen, angefüllt mit Moränenmaterial und kleinen Torfmooren. Die grössern dieser Thalformen erscheinen als einstige, durch die glacialen Ablagerungen aufgefüllte Dränierungsrinnen der Thalstufe. Sie hatten eine mehr dem Streichen parallele Richtung und führten so die Wasser in wesentlich nordöstlicher Richtung über die ganze Ausdehnung der Thalstufe hin, während der jetzige Abfluss des Sees die Thalstufe auf dem kürzesten Wege direkt nach Osten verlässt, um in einem circa 50 m. hohen Wasserfall auf die nächste Thalstufe hinunterzustürzen.

Diese dritte Thalstufe besitzt wiederum einen kleinen See mit 1673 m. Spiegelhöhe. Ein- und Auslauf dieses Sees sind auffallend gegen seine westliche Hälfte gerückt, welche durchwegs sehr seicht ist. Asper und Heuscher massen hier Tiefen von 0,8—1 m. «Ziemlich genau von der Mitte weg fällt aber der Seegrund sehr steil ab, und die südöstliche Seehälfte zeigt sich als tiefes Becken. Unweit vom südlichen Ufer haben wir 5 m., dann rasch 6, 7 und endlich 9 m. Von diesem Kessel aus steigt der Grund langsam gegen die malerische Insel und besonders gegen das nordöstliche Ufer. Ein circa 30 m. breiter, durchschnittlich 1 m. tiefer Seestreifen trennt die felsige Insel vom Nordufer.» (vide Kartenskizze auf Tafel 6). Auch die Thalstufe dieses untersten Sees weist prachtvolle Spuren glacialer Einwirkung auf. Sie erscheint als ein vom Gletscher modelliertes Längsthal. Boden und Seiten, besonders die rechte, zeigen die schönsten Schliffe. Der Kamm, welcher in Fortsetzung des rechten Berghanges dieses Längsthal von der benachbarten Thal-

stufe der Goflen-Alp trennt, ist vom Eis zu einem Halbcylinder modelliert worden. Der Boden ist überall mit Moränenmaterial und kleinen Torfmooren bedeckt, auf welche hier und dort von der linken Seite postglaciale Felsstürze niedergegangen sind. Augenscheinlich ist dieses Längsthal eine Furche, welche sekundär in eine höhere, ältere Thalstufe eingesenkt wurde. Diese ältere Thalstufe bildete die Fortsetzung derjenigen des mittleren Murgsees und erstreckte sich in nordöstlicher Richtung über den schon erwähnten gerundeten Längskamm nach dem Felsriegel, nördlich der Hütte von Goflen, dem « Stoss ». Der Murgbach muss einst über diese Thalstufe in nordöstlicher Richtung geflossen sein, wofür ein Einschnitt im Riegel des Stoss zeugt. Diese ehemalige Thalstufe hatte die Nordseite des « Stoss » zu ihrem Absturze, welcher durch den Gletscher ebenfalls modelliert wurde. Erst später erfolgte die Ablenkung des Murgbaches nach Osten in den ebenfalls erst sekundär, aber etwas früher in der oben erwähnten primären Thalstufe entstandenen Thalkessel der Goflen-Alp. Von diesem Augenblick an schnitt der Murgbach in den Rand der alten Thalstufe ein kurzes Querthal ein und erodierte nach diesem ein sekundäres Längsthal in die Thalstufe, während dem er Reste der alten Thalstufe als Längskamm und « Stoss » stehen liess. Nachher setzte die Vereisung ein, modellierte das Erosionsthal zu einem Trogthal, formte den Längskamm zu einem Halbcylinder und erzeugte am Felsriegel des « Stoss » die zahlreichen Rundbuckel. So erscheint jetzt das kurze Querthal bei den Goflenhütten gewissermassen als nachträglicher Durchbruch eines Felsriegels, während es so alt als das Längsthal ist, wie ja die Schliffe auf seiner linken, der Stosseite des Gletschers entsprechenden Seite direkt beweisen.

Wenn wir die oben erwähnten drei Thalstufen, nämlich die des obern, mittlern und untern Murgsees, miteinander vergleichen, so treten uns manche gemeinsamen Züge entgegen.

1. Alle drei Thalstufen geben sich in ihrem Grundplane als Längsthäler mit SW—NO Richtung, entsprechend dem Streichen der Schichten, zu erkennen. Am deutlichsten zeigt sich diese Thatsache bei der Thalstufe des untersten Sees.

2. Alle drei Thalstufen werden jetzt direkt nach O dräniert. Die Richtung der Dränierungsrinnen steht also quer zur Richtung der wesentlichen Zuflüsse, der Längsaxe der

Seen und der Richtung der ursprünglichen Thalstufen. Am auffälligsten ist dieses Verhältnis wiederum beim Thal des untern Murgsees.

3. Die kurzen Querthälchen, welche die Entwässerungsrinnen von Thalstufe zu Thalstufe bilden, sind älter als die letzte Vereisung, da sie teils Schliffe aufweisen, teils Moränenmaterial enthalten. Sie können wegen ihrer Form und Lage nur als Produkte der Wasser-Erosion aufgefasst werden, welche vor der letzten Vergletscherung thätig war.

4. Die drei Thalstufen selbst zeigen ein ausgeprägtes glaciales Relief. Schliffflächen und Rundhöcker wechseln ab mit Moränenwällen, kleinen fluvio-glacialen Aufschüttungen und Torfmooren. Recht bezeichnend ist, dass auf allen drei Thalstufen thalauswärts vom See sich eine typische Rundhöckerlandschaft mit kleinen fluvio-glacialen Aufschüttungen und Mooren einstellt und dass die Seebecken, wie sich das namentlich beim untern Murgsee zeigt, eine Verbreiterung ihres Thales darstellen, mit welcher zugleich eine Vertiefung in der Sohle verbunden ist; denn speziell der obere Murgsee scheint unzweideutig zu zeigen, dass sein ganzes vom Wasser eingenommenes Becken in unversehrtem Fels modelliert ist.

5. Von den drei Thalstufen hat die unterste die grösste Entwicklung. Sie erscheint als ein eigentliches Längsthal mit glacialem Relief, während die beiden obern Thalstufen eine sog. Kahrtreppe bilden. Die drei Thalstufen zeigen, dass, wie RICHTER[1] richtig bemerkt, zwischen Kahrtreppenstufen und eigentlichen Thalstufen kein prinzipieller Unterschied besteht, sondern dass die eine Form in die andere übergeht.

6. Die Seebecken stellen im Verhältnis zu ihrer Fläche recht unbedeutende Vertiefungen in diesen Thalstufen dar, welche am besten mit flachen Schüsseln zu vergleichen sind.

7. Alle drei Seen zeigen ein verhältnismässig jugendliches Aussehen, indem die Auffüllungen noch nicht weit fortgeschritten sind und sich die Abflüsse fast noch gar nicht eingeschnitten haben. Am stärksten aufgefüllt erscheint der unterste See, dessen nordwestliche Hälfte, wie schon oben erwähnt wurde, sehr seicht ist.

Wenn wir nun die Entstehung der drei Seen erklären wollen, so müssen wir die Thatsache wohl beachten, dass

[1] Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. S. 47.

die Umgebung der Seen ein durchaus glaciales Relief aufweist, wie oben ausgeführt wurde. Dieses glaciale Relief ist von der postglacialen Wasser-Erosion noch so wenig verändert worden, dass man bei einem Ueberblick über die Thalstufen von einem günstigen Standpunkt aus den Eindruck erhält, als hätte sich der Eisstrom erst kürzlich aus dem hintern Murgthal zurückgezogen. Die Seen sind also Kinder der Eiszeit, folglich muss die abschleifende, transportierende und ablagernde Thätigkeit des fliessenden Eises bei ihrer Bildung mitgewirkt haben. Anderseits weisen gewisse Erscheinungen, wie die Querdurchbrüche in den Felsriegeln, auf eine Mitarbeit des fliessenden Wassers hin, welche aber der Eisarbeit vorausgegangen wäre.

Wir wollen nun im Folgenden versuchen, die stauenden Dämme bei einem jeden der drei Seen nach Art und Mächtigkeit näher zu bestimmen, um dann schliesslich aus der Beschaffenheit dieser natürlichen Stauwehre Schlüsse auf die Kräfte zu ziehen, welche dieselben in Wirksamkeit treten liessen.

Beim obern Murgsee bildet ein Sernifitriegel mit drei Depressionen den stauenden Damm. Diese drei Depressionen müssen wegen ihrer Lage und auch zum Teil wegen ihrer Form ehemals Wasserrinnen gewesen sein. Keine von ihnen hat sich aber so tief in das anstehende Gestein eingeschnitten, dass sie nach Entfernung des sie erfüllenden Geschiebes als Entleerungsrinne des Sees funktionieren könnte. Es erscheint im Gegenteil der ganze vom Wasser benetzte Teil der Wanne in unverletztem Fels modelliert, und der Felsriegel mit seinen Depressionen verhält sich wie der Rest eines ältern Thalbodens, in welchen das Seebecken sekundär eingesenkt wurde. Als Reste dieses Thalbodens wären dann auch die Stufen in der Westwand des Sees und im Widdersteinerthälchen aufzufassen. Da nun das Seebecken eine allseits in anstehendem Fels modellierte Hohlform vorstellt, so kann es unmöglich das Werk des fliessenden Wassers sein. Es bleibt nach meiner Ansicht als erklärendes Agens einzig eine kolkende Wirkungsweise des fliessenden Gletschereises übrig. Der oberste Murgsee würde also einen neuen Beweis für die Ansicht vieler Forscher, wie PENCK[1], RICHTER[2], STEINMANN[3],

[1] PENCK, Morphologie der Erdoberfläche, II.
[2] RICHTER, Geomorphologische Beobachtungen in Norwegen, 1896.
» » Untersuchungen in den Hochalpen, 1900.
[3] STEINMANN, Die Spuren der letzten Eiszeit im hohen Schwarzwalde, 1896.

SALOMON[1] bilden, dass Gletscher unter gewissen Bedingungen im Stande sind, allseits geschlossene Becken in festem Fels zu erzeugen. Wenn wir nun nach den besondern Bedingungen forschen, unter welchen sich an der Stelle des obern Murgsees die allgemeine abschleifende Thätigkeit des fliessenden Eises in eine kolkende verwandelte, so glaube ich dieselben darin zu erblicken, dass zur Eiszeit in diesem hintersten Teil des Murgthales Eisströme, radienartig angeordnet, wie im Mittelpunkt eines Halbkreises zusammengestossen sind. Diese Gletscherstränge, welche wegen der Steilheit ihrer Unterlage eine mehr als gewöhnliche Geschwindigkeit hatten, mussten in ihrem Vereinigungspunkt auf den Thalboden in einem stumpfen Winkel und daher mit aussergewöhnlichem Druck einwirken, wodurch eine Kolkung eintreten konnte, welche im Stande war, eine Verrucanomasse von circa $1^1/_2$ Millionen m^3 herauszuarbeiten. Nachdem dann an der Kolkungsstelle die lebendige Kraft der Eisströme zu einem grossen Teil in Arbeit umgewandelt worden war, flossen diese in gewöhnlicher Weise auf dem Thalboden weiter, den sie von nun an nur noch in gewöhnlicher Weise abschliffen. Daraus erklärt sich das Stehenbleiben eines Restes des Thalbodens als eines moutonierten Riegels vor der Kolkungsstelle.

Was den zweiten See anbelangt, so ist bei diesem nicht sicher anzugeben, ob derselbe blos durch das eiszeitliche Moränenmaterial (siehe Seite 218) abgedämmt worden ist oder ob derselbe zu einem integrierenden Teil ein Felsbecken sei. Das letztere halte ich für das viel wahrscheinlichere, da mir die glacialen Aufschüttungen als sehr gering erscheinen. Jedenfalls ist sicher, dass an der Stelle der jetzigen Wasserfläche das Eis intensiver auf seine Unterlage eingewirkt hat, als auf dem übrigen Teil der Thalstufe, da es sonst schwer anderswie zu erklären wäre, warum der Boden des Sees eine ziemlich gleichmässige Fläche in tieferm Niveau geworden ist (vergl. Seite 218), während seine Umgebung als eine unruhige Rundhöckerlandschaft, die in das Niveau des Felsriegels des obern Sees einbezogen werden kann, erhalten geblieben ist. Dass an der Stelle des mittlern Sees eine stärkere Einwirkung des Eises auf seine Unterlage eintreten musste, als anderswo, erklärt sich dadurch, dass hier der Eisstrom vom obern See her zusammentraf mit einem Gletscher, der an der Stelle der jetzigen Zuflüsse vom

[1] SALOMON, Können Gletscher in anstehendem Fels Kahre, Seebecken, Thäler erodieren? 1900.

Schattenkamm herunterkam. Diese beiden Eisströme griffen den Boden der von der vorausgegangenen Wasser-Erosion coupierten Thalstufe (siehe oben) unter einem stumpfen Winkel an und mussten infolgedessen kolkend wirken. Da dem Gletscher vom Schattenkamm infolge der Neigung seiner Unterlage eine grössere lebendige Kraft innewohnte, so musste die Längsaxe des Kolkungsbeckens in seine Richtung fallen. Nachdem der lokale Ueberdruck sich ausgeglichen hatte, überfloss die vereinigte Eismasse, indem, wie die Richtung der Schliffe zeigt, sie ein wenig auseinanderstrebte, die Thalstufe in gleichmässiger Weise und war nun nicht mehr im Stande, die von der «präglacialen» Wasser-Erosion hinterlassenen Unregelmässigkeiten des Thalbodens niederzuschleifen, wesshalb diese als Rundhöcker erhalten blieben.

Der unterste Murgsee ist nur 9 m. tief. Es kann deshalb nicht mit Sicherheit konstatiert werden, ob die an seinem Ende gelegenen glacialen Aufschüttungen allein die stauenden Faktoren seien. Aber abgesehen davon, ist für uns vor allem von Bedeutung, dass das Thal an der Stelle des Sees eine Verbreiterung aufweist und dass vor dem See zahlreiche Rundhöcker das Thal erfüllen. Diese zwei Thatsachen: Thalverbreiterung verbunden mit einer Depression einerseits, Rundhöckerbildung vor der Depression anderseits, weisen wieder auf eine ungleiche Gletscherwirkung hier und dort hin. Wenn nach den Ursachen einer ungleichen Gletscherwirkung in diesem Fall gefragt wird, so können wir weniger auf ein Zusammenfliessen von Eisströmen hinweisen, als vielmehr darauf aufmerksam machen, dass der Gletscher hier von einer höhern Thalstufe auf eine 100 m. niedrigere herunterfloss. Denn wie weiter oben entwickelt wurde, halte ich die Thalstufe des untern Murgsees für ein vom Wasser sekundär in eine höhere, ältere Thalstufe erodiertes Thal, welches erst nachträglich vom Gletscher durchfahren wurde. Also musste der Gletscher im Hintergrund dieses Thales über einen Steilabsturz hinunter. Infolgedessen fuhr er in einem stumpfen Winkel auf den Thalboden auf und musste, da er den dadurch entstandenen lokalen Ueberdruck in seiner Masse ausgleichen wollte, nach allen Seiten auseinanderstreben; daher Entstehung von Depression und Thalerweiterung an dieser Stelle. Es könnte nun noch der Einwand erhoben werden, der See befinde sich nicht unmittelbar am Fusse des Steilabsturzes. Darauf habe ich zu entgegnen, dass der Steilabsturz bei Eintritt der Vergletscherung wohl weiter nach vorn sich befunden haben wird, als es jetzt der Fall

ist, dass ferner der See kurz nach Schluss der Vergletscherung wohl auch weiter rückwärts gereicht hat und dass endlich bei einem Gletscher von einiger Mächtigkeit — und der dilluviale Murggletscher muss nach gewissen Anzeichen eine solche von circa 200 m. gehabt haben — die Fläche grösster Eiseinwirkung wohl nicht unmittelbar am Fusse des Steilabsturzes, sondern weiter nach vorn sich befinden wird. Von grösserer Beweiskraft und zwar in positivem Sinne, als der oben besprochene Umstand, der auf den ersten Blick ein negatives Zeugnis abzulegen scheint, ist für unsere Erklärungsweise die Lage der Rundhöcker. Die Rundhöcker liegen nämlich ziemlich genau an der Stelle, wo der rechte Berghang in den Sporn des schon oft erwähnten gerundeten Längskamms übergeht. Da dieser Sporn an seiner Ansatzstelle sich nur etwa 50 m. über die Thalsohle erhebt, so war hier ein Ausweichen der Eismassen nach rechts sehr leicht möglich, infolgedessen am Grunde eine Druckverminderung eintreten musste.

Wir wollen kurz unsere Auffassung von der Bildung der drei Seen, wie sie oben entwickelt worden ist, resümieren. Die Stufe im Widdersteinerthälchen, die wenig geneigte Grasfläche in der Westwand des obern Murgsees und den Felsriegel vor dem obern See betrachten wir mit der Rundhöckerlandschaft am mittlern See, dem Längskamm und dem « Stoss » beim untern See als Reste eines und desselben, flach nach Nordosten geneigten Thalboden « präglacialen » Alters. In diesen Thalboden wurden vom fliessenden Wasser sekundäre Hohlformen erodiert: kleines, seichtes Kesselthal im obersten Teil, durch Querthälchen im jetzigen Riegel dräniert, kurze Längsthälchen (zwischen den jetzigen Rundhöckern) beim mittlern See, grösseres Längsthal mit Querdurchbruch beim untern See. Es ist nun leicht denkbar, dass diese sekundäre Wasserarbeit in einer « Interglacialzeit », d. h. in dem Zeitraum zwischen einem Rückzug des dilluvialen Murggletschers auf eine bestimmte Höhe und seinem wiedererfolgenden Vorstoss stattgefunden hat. Für eine solche Annahme scheinen mir speziell die Verhältnisse am untern See zu sprechen. Das Thal des untern Murgsees ist in seiner Hauptsache unzweifelhaft das Werk des fliessenden Wassers, welches dieses Längsthal sekundär in eine ältere, höhere Thalstufe eingegraben hat. Diese ältere Thalstufe besass in dem Nordabhang des Riegels « Stoss », der nichts anderes als ein Rest dieser Thalstufe ist, einen gewaltigen Absturz nach der nächst tiefern Thalstufe von « Mornen ».

Dieser Absturz zeigt ebenfalls, wie der Riegel, unzweideutige Spuren von Gletscherwirkung. Ich kann mir nun die Entstehung eines solchen Steilabsturzes in einem in homogenem Gestein ausgegrabenen Thal nur durch die Annahme erklären, dass der Murgthalgletscher an der Stelle des « Stoss » während eines langen Zeitraums sein Ende hatte. Während dieser Zeit war die Thalsohle vom « Stoss » abwärts der Erosion des Wassers preisgegeben und musste sich vertiefen, während dem die Thalsohle vom « Stoss » aufwärts, unter einer nicht sehr mächtigen Eisbedeckung liegend, viel weniger abgenützt wurde[1]. Da der Steilabsturz glaciale Modellierung zeigt, so muss seine Entstehung dem letzten Vorstoss vorangegangen sein. Ebenso kann ich mir die Ausgrabung des Längsthales des untern Murgsees nur in einem Zeitraum denken, während dessen der Gletscher beim mittlern Murgsee Halt gemacht hatte. Am Ende dieses Zeitraums rückte dann der Gletscher wieder vor und gab dem eben entstandenen Erosionsthal glaciales Gepräge. Ich glaube nun nicht fehl zu gehen, wenn ich annehme, dass der stationäre Zustand des dilluvialen Murggletschers mit Gletscherende am « Stoss » dem stationären Zustand mit Gletscherende vor dem mittlern Murgsee vorangegangen ist, da das Längsthal des untern Murgsees nicht so stark glacial ausgeschafft erscheint, als es sonst sein müsste, und da ferner nach meinem Gefühl das Wasser erst nach Bildung der tiefern Thalstufe von « Mornen » die Fähigkeit erhielt, die höhere Thalstufe vom « Stoss » aufwärts auf eine so eigentümliche Weise zu dränieren. Wenn die oben angegebene Reihenfolge der beiden stationären Gletscherstände richtig ist, so würde die Entstehung des Längsthales des untern Sees wirklich zwischen zwei Vorstösse des dilluvialen Murggletschers fallen, müsste mithin « interglacialen » Alters sein. Gleichen Alters werden wohl auch die Erosionsformen beim mittlern und obern See sein. Da aber hier die eisfreie Periode naturgemäss weniger lang dauerte, als beim untern See, so mussten die durch die « interglaciale » Erosion geschaffenen Formen hier weniger auffällig werden. Als dann nach Schluss der eisfreien Periode der Gletscher zu seinem letzten Vorstoss einsetzte, traf er überall auf ein durch die interglaciale Wasserwirkung gegliedertes Bett, und dieser Umstand konnte, wie wir oben gesehen haben, dazu führen, dass die Gletscherwirkung lokal eine aussergewöhnliche wurde, d. h. bis zur Beckenbildung

[1] Baltzer bringt im *Glärnisch*, pag. 67, die Entstehung von Thalstufen ebenfalls mit stationären Zuständen des Gletschers in Zusammenhang.

fortschritt. Nach diesem letzten Vorstoss erfolgte dann der endgültige Rückzug des Gletschers, wobei es zur Ablagerung von Moränen und zur Bildung von fluviatilen Aufschüttungen kam. Es ist leicht einzusehen, dass bei diesem Rückzuge die während der Vergletscherung entstandenen Felsbecken als wahre Sammler des Eises wirken mussten. Sie waren noch lange konstant mit Eis gefüllt, während schon das umliegende Gehänge zeitweise eisfrei wurde, wie das etwa heutzutage der Fall ist mit den kleinen Firnfeldern von Lawinenschnee im Hintergrund eines Alpenthales. Diese Erwägung erklärt einige Züge in der jetzigen Erscheinung der drei Seen, einmal den, dass vor den Seen verhältnismässig viel Moränenmaterial liegt, sodann den, dass stellenweise die Thalwände zur Seite und im Hintergrund der Seebecken steile frischbrüchige Felswände ohne eine Spur von Glacialwirkung darstellen, während doch der Thalboden bis an den Fuss dieser Wände die schönsten Schliffe aufweist. Ich habe bei der Erwähnung des letztern Zuges speziell den untern Murgsee im Auge, bei welchem der Thalhintergrund mit steilen Wänden und eigentümlich scharfem Rande in die glacial modellierte Thalstufe des mittlern Murgsees einsetzt. Es kommt einem beim Anblick dieser frischbrüchigen Steilwände unwillkürlich das Kapitel über die Fortbildung der Kahre in RICHTERS *geomorphol. Untersuchungen in den Hochalpen* in den Sinn, in welchem der Verfasser in feiner Weise ausführt, wie eine Eiseinlagerung in einer Hohlform namentlich dadurch wirke, dass sie infolge der Bewegung des Eises den Fuss der Felswände vom einhüllenden Schutt befreie und so eine intensive Wandverwitterung und ein dadurch bedingtes Zurückweichen der Wände ermögliche.

Es erübrigt noch zum Schlusse, andere Ansichten über die Entstehung der Murgseen anzuführen. MÖSCH schrieb seiner Zeit[1] die Entstehung der Murgseen der Erosion der « in ihre Becken herabstürzenden Gewässer zu. Ebenso nennt neuerdings SWERINZEW[2] die auskolkende Thätigkeit der Bäche als Entstehungsursache der Murgseen. Mir hingegen ist unvorstellbar, woher so grosse Wassermassen, die speziell beim obern Murgsee ein Becken von 23 m. Tiefe auszukolken vermocht hätten, in einen Thalhintergrund kommen, der an zwei Passättel sich anlehnt. ROTHPLETZ[3] erwähnt speziell

[1] Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Lief. 14, S. 299.
[2] Zur Entstehung der Alpenseen. *Inaugural-Dissertation*. Zürich, 1896.
[3] Das geotekt. Problem der Glarner Alpen, S. 242.

den obern Murgsee und sagt über seine Entstehung: « Sein Riegel besteht aus niedern Sernifithügeln, die auf einer jener Querverwerfungsspalten gehoben sind, die das Magereugebiet durchsetzen. » Er rechnet mithin den obern Murgsee zu den tektonischen Seen. Hiezu ist zu bemerken, dass allerdings in der Nähe des obern Sees eine Verwerfung durchstreicht, die im Passsattel der Murgseefurkel schön zu Tage tritt. Aber die Richtung dieser Verwerfungslinie bildet einen Winkel mit der Richtung des Felsriegels, und übrigens müsste diese Verwerfung erst spät stattgefunden haben zu einer Zeit, als die Thalvertiefung bis zu ihrer jetzigen Tiefe fortgeschritten war, also etwa in einer Interglacialzeit.

2. Der Milchspülersee.

(2202 m., Tafel 7).

Blatt 400 des Siegfriedatlas.

Der Milchspülersee liegt auf einer obern Thalstufe des Diesbaches hoch oben am Westabhang des Kärpfstockes. Die ganze Thalstufe zeigt das Aussehen einer Rundhöckerlandschaft und dokumentiert sich dadurch als Boden eines ehemaligen Firnfeldes. In den Sernifitboden dieser Thalstufe ist nun eine kahrähnliche Hohlform modelliert, in deren Boden das Becken des Sees eingesenkt erscheint. Der Milchspülersee erscheint so rings von anstehendem Gestein umgeben, auch auf der Seite gegen das Linththal. Betrachten wir diese letztere Seite genauer, so bemerken wir drei Einschnitte, Rinnen, in dem Felsriegel. Die Einschnitte links und in der Mitte sind ganz mit Moränenmaterial, bestehend aus Lehm und gerundeten Stücken von allen möglichen Sernifitvarietäten, erfüllt und dadurch ihrer Funktion als Abflussrinnen enthoben. Die Rinne rechts ist gegenwärtig noch Abflussrinne. Der See ist gegen seinen Abfluss hin sehr seicht und sein Boden ist hier mit Moränenmaterial bedeckt.

Beim Milchspülersee liegt die gleiche Entstehungsursache vor, wie bei den Murgseen. Wir haben wieder ein kahrähnliches Thälchen in einer ehemaligen, während Zeiträumen überfirnt gewesenen Denudationsfläche vor uns. Dieses Thälchen erscheint als ein Produkt der Erosion des fliessenden Wassers und einer spätern Firneinlagerung. Diese Firneinlagerung hat das Thälchen zu einem Kahr erweitert, in den Boden eine schüsselförmige Vertiefung eingeschliffen und am Rande derselben Moränenmaterial abgelagert.

Der See führt seinen Namen wegen der weisslichen Farbe seines Wassers. Diese rührt wahrscheinlich her von fein zerteiltem, suspendiertem Gesteinsmehl, das die über die Sernifitfelsen hinunterstürzenden Zuflüsse dem See zuführen.

3. Die Engiseelein (Tafel 7).

Blatt 400 des Siegfriedatlas.

Die Engiseelein, zwei grössere und ein kleineres, liegen auf einer alten Thalstufe des Diesbach- und Auernbachthales, am Nordabhang des Kärpfstockes. Diese Thalstufe (cirka 2000 m. ü. M.) zeigt auf ihrer ganzen Ausdehnung typische Merkmale einer ehemaligen Gletscherbedeckung. Zahlreiche Moränenreste von teilweise erhaltener Wallform bedecken das in rundhöckerigen Formen modellierte anstehende Sernifitgestein der Thalstufe. Zwischen den Moränen und den anstehenden Partien finden sich zahlreiche grössere und kleinere Moore, sowie drei Seen.

Der oberste und kleinste See verdankt sein Dasein einem sehr gut erhaltenen, halbkreisförmigen Moränenwall. Die Zuflüsse bestehen aus Quellen aus dem Gehängeschutt. Der Abfluss ist ein oberirdischer und geht durch den mittlern Teil des Moränenwalles zum zweiten, einige Meter tiefer liegenden, grössern See.

Dieser See ist, wie der erste, auch bloss wenige Meter tief und besitzt, wie der erste, ungemein klares Wasser, so dass man mit Leichtigkeit die Verhältnisse seines Grundes beobachten kann. Wie die Kartenskizze zeigt, verdankt auch er seine Entstehung zum grössten Teil den Depots der letzten Gletscherbedeckung.

Der dritte See, der tiefste von allen dreien, liegt 30 m. tiefer in einem kahrähnlichen Thälchen, das in die alte Thalstufe eingesenkt ist. Er ist wiederum, wenigstens zu einem Teil, ein Abdämmungssee, abgedämmt durch Glacialschutt, wie sich das schön bei seinem Ausfluss beobachten lässt, in seinem untern Teil aber muss er ein Felsbecken sein.

4. Die Wildmaadseelein.

Blatt 401 des Siegfriedatlas.

Auf dem Sernifitplateau des Wildmaad (2224 m.) zwischen dem Berglihorn und den Bleistöcken liegen eine grössere Anzahl kleinerer Seen. Ihre Becken erscheinen als das Pro-

dukt der Verwitterung und der transportierenden und der ablagernden Thätigkeit des Firnes. Das Plateau lehnt sich an eine Furkel oder an einen kleinen Pass zwischen den genannten Bergstöcken an und trägt noch ganz den Charakter einer bis vor kurzem überfirnt gewesenen Denudationsfläche, in welche die Erosion des fliessenden Wassers noch keine nennenswerten Züge eingegraben hat.

ANHANG

Der Ober- und Niedersee.

Blatt 263 des Siegfriedatlas.

Der Ober- und Niedersee (Haslensee) sind eigentliche Thalseen. Sie liegen mit 983 m., bezw. 750 m. im lieblichen Oberseethale, das sich zwischen der Rautispitz-Wiggiskette im SO und der Brünnelistockkette im NW hinzieht und über Näfels oben an einem steilen Schutthang ins Linththal mündet.

Baltzer (Jahrbuch des S. A. C., 1887-88) betrachtete diese beide Seen als Erosionstrichterseen, wie den Oberblegi- und Guppensee, da er bei niederm Stande deutliche Abflusstrichter im zerrütteten Schrattenkalk der Beckenwandung sah und weil ihm dieser Schrattenkalk für Trichterbildung sehr geeignet erscheinen musste.

Swerinzew[1] sah diese Trichter ebenfalls, aber er legte ihnen nur eine nebensächliche Bedeutung bei. Ihm erschienen die beiden Becken als Flusserosions- und teilweise auch als Eiserosionsbecken im Sinne seiner Kolkungstheorie.

Oberholzer hat nun in seiner Arbeit[2] über *Die prähistorischen Bergstürze der Glarner Alpen* gezeigt, dass die Trichter wirklich nur sekundärer Natur sind, indem der Schrattenkalk, in welchen sie eingelassen sind, selber auf sekundärer Lagerstätte ruht. Nach ihm sind beide Seen Abdämmungsseen, abgedämmt durch ins Oberseethal gefallene Bergstürze. Durch diese Bergsturzmassen hat sich dann das Wasser unterirdisch Ausgang verschafft und dabei die Einsickerungsstellen trichterförmig modelliert. Am vordern Ende der Bergsturzhaufen kommt dann dieses Wasser in Form von mehreren starken Quellen wieder zum Vorschein.

[1] Zur Entstehung der Alpenseen, S. 27 und 28.
[2] Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, IX. Lief., S. 183 u. f., 197 u. f.

ALLGEMEINER TEIL

Aus den oben gegebenen Einzelbeschreibungen der glarnerischen Hochseen lassen sich einige allgemeinere Gesichtspunkte gewinnen:

1. Die Hochseen der Glarner Alpen sind eng mit dem Glacialphänomen verknüpft. Alle vorhin beschriebenen Seebecken weisen deutliche Spuren einer Einwirkung durch die eiszeitliche Gletscher-, resp. Firnbedeckung auf. Die Ufer zeigen rundhöckerige Formen und ausgedehnte Schlifflächen, die sich bis weit unter den normalen Wasserspiegel konstatieren lassen, und tragen Moränenmaterial, zum Teil noch in Wallform. In der Erklärung der Entstehung der Seen darf also die glaciale Einwirkung nicht fehlen, und es bleibt lediglich übrig, den Anteil derselben an der ganzen Wannenbildung in jedem einzelnen Fall zu erforschen. In Bezug auf diesen Anteil zeigt sich meines Erachtens ein Unterschied zwischen den Seen des Kalk- und Schiefergebirges einerseits und denen des Sernifitgebirges anderseits.

2. Die Seen des Kalkgebirges haben sämtlich unterirdischen Abfluss. Ihre Becken sind Felsbecken, welche aber nicht ein so ausgeprägt glaciales Relief zeigen, wie diejenigen der Seen des Sernifitgebirges. Die Form und die Grössenverhältnisse der Wannen, sowie die Klüftung des liegenden Kalkgesteins und seine Neigung zur Trichterbildung erwecken die Vorstellung, dass die Hauptarbeit bei der Modellierung der Felsbecken das nach Spalten unterirdisch abfliessende Wasser geleistet hat, das chemisch und mechanisch die Kalkschichten angriff und so trichterförmige Hohlformen schuf. Der Gletscher oder Firn der letzten Vereisung fand diese Hohlformen, zu einem Teil wenigstens gebildet, vor und gestaltete sie nach seiner Wirkungsweise um. Aber seine Arbeit steht weit hinter der Wasserarbeit zurück. Die Hauptwirkung der Firn- oder Eiseinlagerung war jedenfalls die konservierende. Der Gletscher, der während der letzten Eiszeit die Hohlform erfüllte, schützte dieselbe vor dem Verschüttetwerden durch die Verwitterungstrümmer der Einfassung, wobei nicht ausgeschlossen ist, ob nicht unter der Eis- resp. Firneinlagerung eine Weitervertiefung der Hohlform stattgefunden hat, in der Weise, dass das Schmelzwasser der Einlagerung anstatt oberirdisch, subglacial in die Spalten des Felsbodens abfloss und so weiter erodierte, während die

Eisbedeckung einerseits den Verwitterungsschutt in Form von Moränen forttransportierte und anderseits auch aktiv an der weitern Ausgestaltung der Wanne teilnahm. Die letztere Wirkung der Eisbedeckung war nicht bei allen Seebecken eine gleich intensive. Während einige Seen, wie Spanneggsee (Seite 204) und Guppensee (Seite 212) in ihrer Form eine glaciale Einwirkung kaum erkennen lassen, haben andere, wie der Thalsee (Seite 200), Oberblegisee (Seite 207) und namentlich der Muttensee (Seite 215) den Charakter von eigentlichen Kahrseen angenommen. Dieser Unterschied kommt meines Erachtens daher, dass die letztgenannten Seebecken in dem vordern Teil eigentlicher Thäler liegen und so der fliessenden Bewegung eines Gletschers ausgesetzt waren, während die erstgenannten Seen wohl nur unter einer Firnbedeckung lagen. Der Muttensee ausserdem liegt sehr hoch, 2442 m.; er war infolgedessen während viel längerer Zeit vergletschert als die übrigen Seen, weshalb er am ausgesprochensten den Kahrseecharakter besitzt. Beim Rückzug der Vereisung erfolgte dann die Verstopfung der Spalten durch Grundmoränen oder fluviatile Aufschüttungen. Infolgedessen mussten sich die Wannen zu einem Teil mit Wasser füllen. So ist beim seichten Guppensee die Hauptabflusspalte mit typischem Grundmoränenlehm verstrichen, in welchem ein kleiner Abflusstrichter sich gebildet hat. Wenn wir resümieren, so können wir kurz die Hochseen des glarnerischen Kalk- und Schiefergebirges als Trichter- oder Dolinenseen bezeichnen, die aber auch eine mehr oder minder starke Modellierung durch das fliessende Eis erfahren haben.

3. Die Seen des Sernifitgebirges sind Produkte der Gletscherthätigkeit, sei es, dass sie vollständige vom Gletscher ausgehöhlte Felsbecken darstellen, sei es, dass ihre Beckenwandung nur zu einem Teil aus anstehendem Fels besteht, zu einem andern Teil aber durch glaciale oder fluvioglaciale Ablagerungen gebildet wird. Die meisten Seen des Sernifitgebirges liegen in kahrähnlichen Thalformen, zum Teil hoch oben an den Gehängen im Hintergrund der Thäler, zu welchen die Kahrböden mit schroffen Felswänden abbrechen. Die Gletscherschliffe und Moränen in Verbindung mit dem Fehlen von scharfen Erosionsformen beweisen, dass diese Stufen bis vor kurzem überfirnt waren und dass seither das fliessende Wasser noch keine nennenswerte Arbeit hat leisten können. Ihre Entstehung verdanken die Felsbecken der abschleifenden Wirkung des bewegten Eises oder Firns, welche unter gewissen Umständen sogar in eine kolkende übergehen

konnte. Diese Umstände aber waren gegeben durch die Thalformen und Stufen, welche die der letzten Vergletscherung vorausgegangene Wassererosion geschaffen hatte. In diesen Thalformen musste bei der eintretenden Vergletscherung sich das Eis, resp. der Firn ansammeln und so auf den Felsboden eine verstärkte abschleifende Wirkung ausüben, welche an Gefällsbrüchen zu einer eigentlich kolkenden werden konnte, wie wir das bei den Murgseen (Seite 222 u. f.) auseinandergesetzt haben.

4. Bei der Entstehung der glarnerischen Hochseen waren also Wasser und Eis thätig und zwar ging bei allen Seen die Wasser- der Eiswirkung voraus. Das Verhältnis der Wasser- zur Eisarbeit ist aber bei den einzelnen Becken verschieden. Wir können nach diesem Verhältnis sämtliche Felsbecken in eine Reihe stellen. Auf der einen Seite stehen die typischen Trichterseen (Spannegg- und Guppensee), welche sozusagen keine Modellierung durch das fliessende Eis aufweisen; den andern Flügel bilden die Kahrseen des Sernifitgebietes, an deren Bildung die Wassererosion nur dadurch Anteil hat, dass sie der nachfolgenden Gletscherthätigkeit ein coupiertes Terrain hinterliess, während die Ausgrabung des Felsbeckens die Arbeit des Gletschers ist (Murgseen, Milchspülersee). Die Mitte der Reihe endlich wird repräsentiert durch eine Anzahl Seen (Thalsee, Oberblegi-, Muttensee), bei welchen die chemische und mechanische Erosion des nach Spalten abfliessenden Wassers und die abhobelnde Wirkung der spätern Eiseinlagerung ungefähr in gleichem Masse an der Wannenbildung gearbeitet haben. Diese letztern Seebecken sind zwar ihrer ursprünglichen Anlage nach Dolinenseen, haben aber jetzt das Aussehen von Kahrseen. Man könnte sie als Pseudo-Kahrseen bezeichnen.

5. Einem dritten Seetypus gehören der Ober- und Niedersee an. Diese sind in eigentlichen Thalwegen liegende Seen, abgedämmt durch ins Thal gefallene Bergsturzmassen.

6. Die Seen des glarnerischen Kalk- und Schiefergebirges sind also Trichter- oder Dolinenseen. Die meisten derselben befinden sich auf Terrassen, welche durch die leichte Verwitterbarkeit bestimmter Gesteine entstanden sind. So liegen Oberblegi- und Guppensee in den weichen Opalinusthonen des untern Doggers; Mutten- und unterer Wildmaadsee in den eocänen Flyschschiefern, die Fessisseelein in den leicht verschwemmbaren Quartenschiefern der Röthigruppe. Diese leicht zu erodierenden Schiefergesteine wurden vom Wasser

zuerst oberflächlich abgespült und in denselben thalförmige Hohlformen modelliert. Beim tiefern Einschneiden geriet aber der Bach auf die spaltenreichen liegenden Kalkschichten, in deren Klüften das Wasser sich unterirdisch verlor. Nach diesen Klüften wurden die Thalformen weiter erodiert, so dass schliesslich blinde Thäler entstehen mussten. So gaben beim Thalsee die Klüftung und chemische Zusammensetzung des obern Malmkalkes (Thiton), beim Spanneggsee der durch Dislokationen hart mitgenommene Röthidolomit und Malm, beim Oberblegi- und Guppensee der spaltenreiche Lias und beim Mutten- und untern Wildmaadsee der Nummulitenkalk Anlass zur Trichterbildung, welche mit der Zeit zur Bildung von schüssel- oder trogförmigen Hohlformen führte. Beim Guppen- und Oberblegisee sieht man jetzt noch am Terrassenabsturz die Erosionsrinnen der Bäche, die einst über die Terrassen weggeflossen sind, bevor sie sich im Boden der Terrassen unterirdisch verloren (vide BALTZER, *Glärnisch*, S. 63).

7. Unsere Alpenseen sind ein Vermächtnis der Eiszeit. Die jetzige Zeit arbeitet an ihrer Zerstörung. Alle die oben beschriebenen Wasserflächen, welche so oft einer Gebirgsgegend den Stempel einer eigenartigen Schönheit aufdrücken, befinden sich im Stadium des Rückganges: Ihr Hohlraum vermindert sich von Jahr zu Jahr durch Auffüllung mit Geschieben, welche die Zuflüsse zuführen, oder durch Einengung mit Schuttkegeln. Die einen altern schneller, die andern langsamer. An einzelnen Orten ist der Auffüllungsprozess bereits zu einem Abschluss gekommen, so dass sich jetzt dort an Stelle des ehemaligen Wasserspiegels eine kleine, meistens sumpfige Ebene ausbreitet. Solche verschwundenen Seen lassen sich an manchen Orten nachweisen: Meerenboden, östlich des Mürtschenstocks; Mürtschenalp; Mettmen im Niedernthal, etc. Wenn man bei den jetzigen Seen die jährliche Geschiebezufuhr mit den bereits angelegten Deltas und das Ergebnis der jährlichen Verwitterung mit den schon bestehenden Schuttkegeln vergleicht, so bekommt man unwillkürlich den Eindruck, dass die auffüllenden Kräfte noch verhältnismässig nicht lange in Thätigkeit seien, d. h. mit andern Worten, die die Hohlformen vor Auffüllung schützende Gletscher- oder Firneinlagerung hat sich relativ spät aus ihnen zurückgezogen. Im weitern zeigen die Hochseen eine um so jugendlichere Physiognomie, je höher ihre Lage ist. (Man vergleiche Mutten- und Oberblegisee.) Daraus folgt, was eigentlich selbstverständlich ist, dass die schützende Firneinlagerung

in den höhern Wannen sich länger hielt, als in den tiefern. Die eiszeitliche Schneegrenze muss sich also allmählich von ihrer tiefsten Lage bis in die Höhe der heutigen Schneegrenze zurückgezogen haben. Für einen solchen allmählichen Rückzug, der zeitweise von einem stationären Zustand unterbrochen wurde, sprechen auch die Moränenwälle, welche wir beim Aufstieg in ein Seitenthal wiederholt antreffen (vide Oberblegi- und Guppengletscher, S. 209, resp. 212). Es wäre möglich, aus den tiefstgelegenen Moränenvorkommnissen unter gewissen Bedingungen einen Schluss auf die tiefste Lage der eiszeitlichen Schneegrenze zu ziehen. Sicherer lässt sich aber nach dem Vorgang von RICHTER[1] aus der Höhenlage der kahrförmigen Hohlformen, die ja ihre Existenz einem Lokalgletscher verdanken, die eiszeitliche Schneegrenze bestimmen. Diese Bestimmung wird nur erschwert durch die Mächtigkeit des Eisstromes, der das Hauptthal erfüllte. Wie uns die Moränen am « Schluchen » auf Braunwald, die schon BALTZER[2] erwähnt, sowie einzelne Findlinge auf der Alp Aeugsten am Südabhang des Schilt beweisen, muss die Oberfläche des dilluvialen Linthgletschers im Glarner Hinterland ihren höchsten Stand bei 1400—1500 m. gehabt haben. Andere Moränen habe ich ob den Auenbergen (rechte Thalseite oberhalb des Weilers Zusingen) auf 1200 und 1300 m. angetroffen. Unter diesen Umständen darf man unter 1200—1300 m. (= mutmassliche Eisstromhöhe im Unterland) keine Kahrformen mehr erwarten, auch wenn die Schneegrenze einmal tiefer hinabgereicht hätte. Wir müssen also zum voraus darauf verzichten, die absolut tiefste Lage der eiszeitlichen Schneegrenze aus den Kahrformen ableiten zu wollen; hingegen setzen uns diese doch in den Stand, angeben zu können, wie weit zur Eiszeit die Region des ewigen Schnees mindestens hinabgereicht hat. Stellen wir ein paar der bezeichnendsten Kahrformen zusammen:

Name der Hohlform.	Mittl. Höhe des Kahrbodens.	Mittl. Höhe der Umrahmung.
Tiefenwald (an der Schönau)	1580 m.	1800 m.
Ahornthälchen (Oberseethal)	1300—1400 m.	2000 m.
Mullern (oberhalb Mollis)	1200—1400 m.	1900 m.
Alp Biglingen (ob Mühlehorn)	1400—1600 m.	1900 m.
Tannenboden (oberhalb Terzen)	1400 m.	1600 m.

Wir schätzen nach diesen Kahrvorkommnissen den relativ niedrigsten Stand der eiszeitlichen Schneegrenze auf 1300—

[1] Geomorph. Untersuchungen in den Hochalpen, S. 16 und 17.
[2] Glärnisch, S. 31.

1500 m. Mit dieser Zahl stehen wir in Uebereinstimmung mit RICHTER[1], welcher für die eiszeitliche Schneegrenzhöhe am Aussenrand der Alpen 1300 m. gefunden hat.

8. Die meisten Seebecken stellen eine unbedeutende, sekundäre Hohlform im Boden eines ältern Thales dar. Vor ihnen liegt meistens noch ein Stück des alten Thalbodens, bald eine ansehnliche Terrasse darstellend (Muttensee, Oberblegisee), bald zu einem blossen Riegel zusammengeschrumpft (oberer Murgsee, Spannegg-, Guppensee). Dieses Thalstück weist ausser der aktiven Abflussrinne meistens noch mehrere « tote » Erosionsfurchen auf. Letztere sind mit Moränenmaterial erfüllt, korrespondieren aber keineswegs mit dem Seegrund, sondern halten mit ihrer Sohle ein höheres Niveau ein, etwa das des Seespiegels oder einige Meter darüber. Diese « toten » Erosionsfurchen erscheinen als sekundäre Dränierungsrinnen im breiten Boden der oben erwähnten primären Thalform. Sie sind durch die nachträglich einsetzende Beckenbildung ihrer Funktion als Bachbett beraubt worden. Demnach müssen sie älter als die Becken sein. Damit stimmt sehr gut, dass sie Einlagerung von Moränenmaterial und Gletscherschliffe aufweisen; ihre Entstehung muss mithin in die eisfreie Periode vor der letzten Vergletscherung fallen. Anderseits erscheinen diese Thalbodenreste vor den Seen zu wenig vom Gletscher abgehobelt, als dass die Erosionsrinnen in denselben von der präglacialen Wassererosion herrühren könnten ; sind doch die die Furchen trennenden Felspartien als Rundhöcker erhalten geblieben. Verbindet man aber die Gipfel dieser Rundhöcker durch eine Linie, so bekommt man eine Kurve, welche gut dem Querschnitt durch die Sohle eines U-Thales entspricht. Wir gelangen durch die besprochenen Verhältnisse zu der Ansicht, dass die oben erwähnten Erosionsfurchen während der letzten eisfreien Periode der Eiszeit in einen Thalboden eingegraben wurden, der durch die vorausgegangene Vergletscherung bereits modelliert worden war. In dieser Interglacialzeit sind nach unserer Ansicht auch die Thalstufen und Kahrtreppen entstanden, welche wir uns nach dem Vorgange BALTZERS[2] nur durch die Wassererosion vor einem stationären Gletscherende entstanden denken können. Durch diese Stufung des Thalbodens war aber die Möglichkeit für eine ungleiche Einwirkung des neu vorstossenden Eisstromes auf sein Bett ge-

[1] Geomorph. Untersuchungen, S. 92.
[2] Glärnisch, Seite 67.

geben, welche schliesslich, wie bei den Murgseen ausgeführt wurde, zur Auskolkung von Felsbecken führte.

9. Wenn wir nun sehen, dass die jetzigen Alpenseen sich im Stadium eines raschern oder langsamern Rückganges befinden, ja wenn wir an zahlreichen Orten auf die Spuren bereits aufgefüllter Seen stossen, so suchen wir unwillkürlich nach Punkten, wo Seebecken gegenwärtig entstehen. Um solche Punkte zu finden, müssen wir Orte aufsuchen, wo jetzt noch diejenigen physikalischen und geologischen Verhältnisse existieren, welche, wie wir bei der Einzelbeschreibung der Seen gesehen haben, die Entstehung ruhender Wasserflächen bedingen. Solche Stellen sind einmal isolierte Kalkplateaux mit geringer Schuttbedeckung, sodann die Schneegrenze, in geringem Grade ferner die ganze Region, wo überhaupt Schnee fällt und endlich die Punkte, wo Bergstürze, Erdschlipfe stattfinden, oder wo Wildbäche Schuttkegel einem andern Wasserlauf in den Weg stellen. Ebenso dürften flache Becken unter unsern Gletschern am Fusse der steilern Partien des Gletscherbettes zum Vorschein kommen, wenn nur das Gletscherende sich so schnell aus ihnen zurückzieht, dass der Gletscherbach keine Zeit findet, die geschlossene Hohlform durch Durchsägung der vordern Wand zu öffnen.

Suchen wir für jedes dieser Momente Beispiele in den Glarner Alpen.

Hohlformen bilden sich gegenwärtig durch die vorwiegend chemische Erosion des nach Spalten unterirdisch abfliessenden Wassers im Malmboden des Vorder- und Hinterthales (vergl. den Abschnitt Thalsee), auf dem Liasplateau des Leuggelstocks und der Guppenalp (siehe Oberblegi- und Guppensee). An diesen Orten finden sich Hohlformen in allen möglichen Stadien der Entwicklung vom senkrechten Schlot (Hellloch) bis zur flachen Schüssel mit eingethaltem Rande und gedichtetem Boden, der sich vorübergehend mit Wasser bedeckt. Auf dem Röthikalkplateau von Walenfässis werden durch Ausspülung der Quartenschiefer nach Trichtern des liegenden Dolomites an einem fort neue Hohlformen gebildet, bestehende erweitert und auch zum Teil gedichtet oder aufgefüllt. Der Abfluss des Muttensee höhlt seine Doline immer tiefer aus und schneidet sich dabei immer weiter nach rückwärts ein. Wird sein Trichter einmal verstopft, so muss sich ein zweiter Muttensee bilden. An allen genannten Orten, und wohl noch an vielen andern, können also mit der Zeit Do-

linenseen sich bilden. Es würde das sicher geschehen, wenn noch einmal der Gletscher über die angeführten Punkte vorrücken und beim Rückzug sein Moränenmaterial auf den Trichterspalten liegen lassen würde.

Aktive Kahre, d. h. cirkusförmige Thalschlüsse, die gegenwärtig noch eine Firn- oder Gletschereinlagerung besitzen, sind die Lagerstätten der Gletscher von Cavirolas, Fluaz, sowie des Meer- und Segnesgletschers. Die ersten drei finden sich auch bei Richter citiert (S. 101). Durch Kombination der abschleifenden Wirkung der Eiseinlagerung mit der schuttablagernden kann sich hier leicht eine allseitig geschlossene Hohlform bilden, die als Wassersammler in Thätigkeit treten kann. — Am Fusse lange sich haltender Lawinenschneekegel kann man oft konstatieren, wie das von den Felswänden abwitternde Gestein sich in Form von grössern oder kleinern Endmoränen anhäuft. Verschwindet nun im Spätsommer, resp. in besonders günstigen Jahrgängen, der Schnee, so bleiben Hohlformen zurück, die sich unter Umständen wenigstens zeitweise mit Wasser füllen können. Was der Lawinenschneekegel im kleinen bewirkt, wiederholt sich bei kleinern Gletschern im grossen. Ein derartiges Vorkommnis findet sich in kleinem Masstabe auf der Meerenalp, in grösserm im Hintergrund des Lauchbodens am Ortstock.

Durch Bergstürze oder Erdschlipfe sind vorübergehend gestaut worden: Der Sernf durch den Bergsturz von Elm 1881, der Niederurnerbach durch einen Erdschlipf im Jahr 1897. Durch einen plötzlich in die Linth geworfenen Schuttkegel hat die Guppenruns 1890 diesen Fluss zu einem ziemlichen See gestaut. Lawinen hinterschwellen jedes Jahr auf kurze Zeit den Sernf zwischen Schwanden und Engi und wohl die meisten Seitenbäche des Linththales. Alle diese Stauungen waren oder sind aber nur vorübergehende Erscheinungen, indem die Erosionskraft des Wassers oder Menschenhand die Barriere bald wegräumten.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich der Schluss, dass dauernde Seebecken gegenwärtig im allgemeinen nur in relativ bedeutender Höhenlage sich bilden, da nur hier die physikalischen Faktoren, welche das Werden von Seen bedingen, vorhanden sind, nämlich: leichte Angreifbarkeit von zerklüfteten Kalkoberflächen für die unterirdische chemische und mechanische Erosion wegen mangelnder Humus- oder Schuttdecke, ferner ein geringes Auffüllungs- und Erosions-

vermögen der fliessenden Gewässer infolge feinerer Verteilung der einzelnen Rinnen und endlich die abschleifende, transportierende und schuttablagernde Thätigkeit von Eis und Firn.

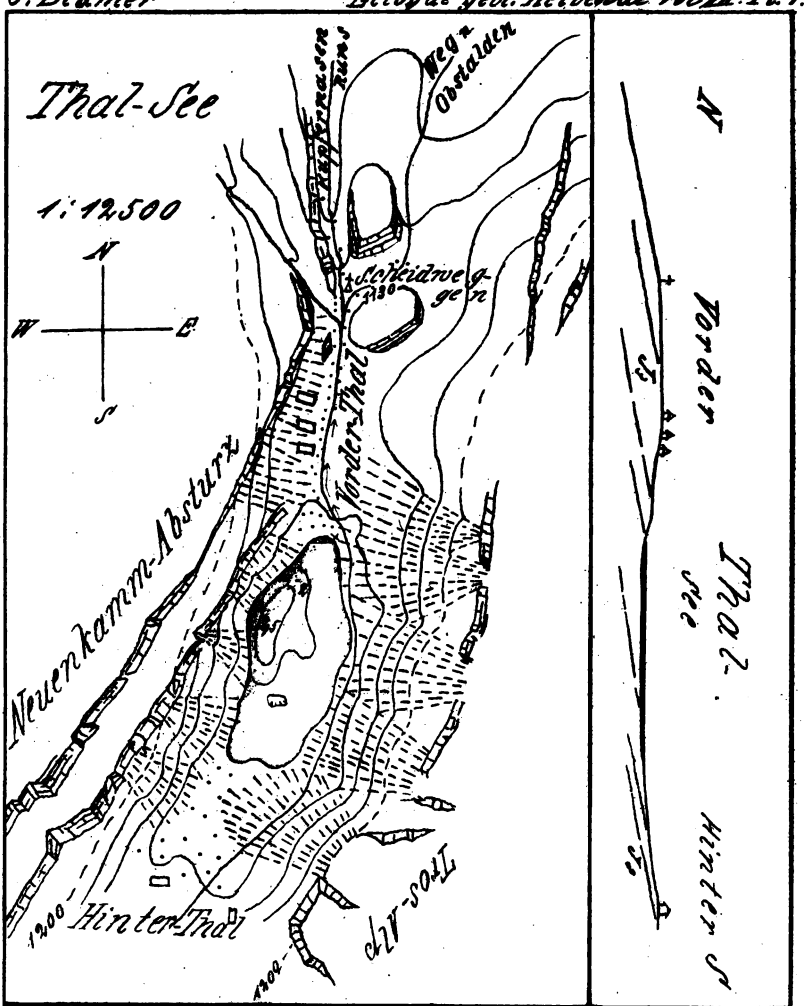
ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Entstehung der glarnerischen Hochseen ist eng mit der eiszeitlichen Vergletscherung verknüpft.

2. Die Seen des Sernifitgebirges liegen meistens in kahrähnlichen Hohlformen. Ihre Becken sind teils Felsbecken, entstanden durch eine lokal stärker abschleifende Wirkung des fliessenden Eises, teils gemischten Ursprungs, d. h. sie liegen nur zu einem Teil in anstehendem Fels, zu einem andern aber in glacialen oder fluvioglacialen Aufschüttungen.

3. Die Seen des Kalk- und Schiefergebirges sind Dolinenseen, welche ihre Entstehung in erster Linie der chemischen und mechanischen Erosion des nach Spalten unterirdisch abfliessenden Wassers und in zweiter Linie der abschleifenden, transportierenden und ablagernden Wirkung einer ehemaligen Gletscher-, resp. Firneinlagerung verdanken. Dieser zweite Faktor hat bewirkt, dass viele Dolinenseen eine äussere Aehnlichkeit mit wirklichen Kahrseen aufweisen; man könnte sie deshalb als Pseudo-Kahrseen bezeichnen.

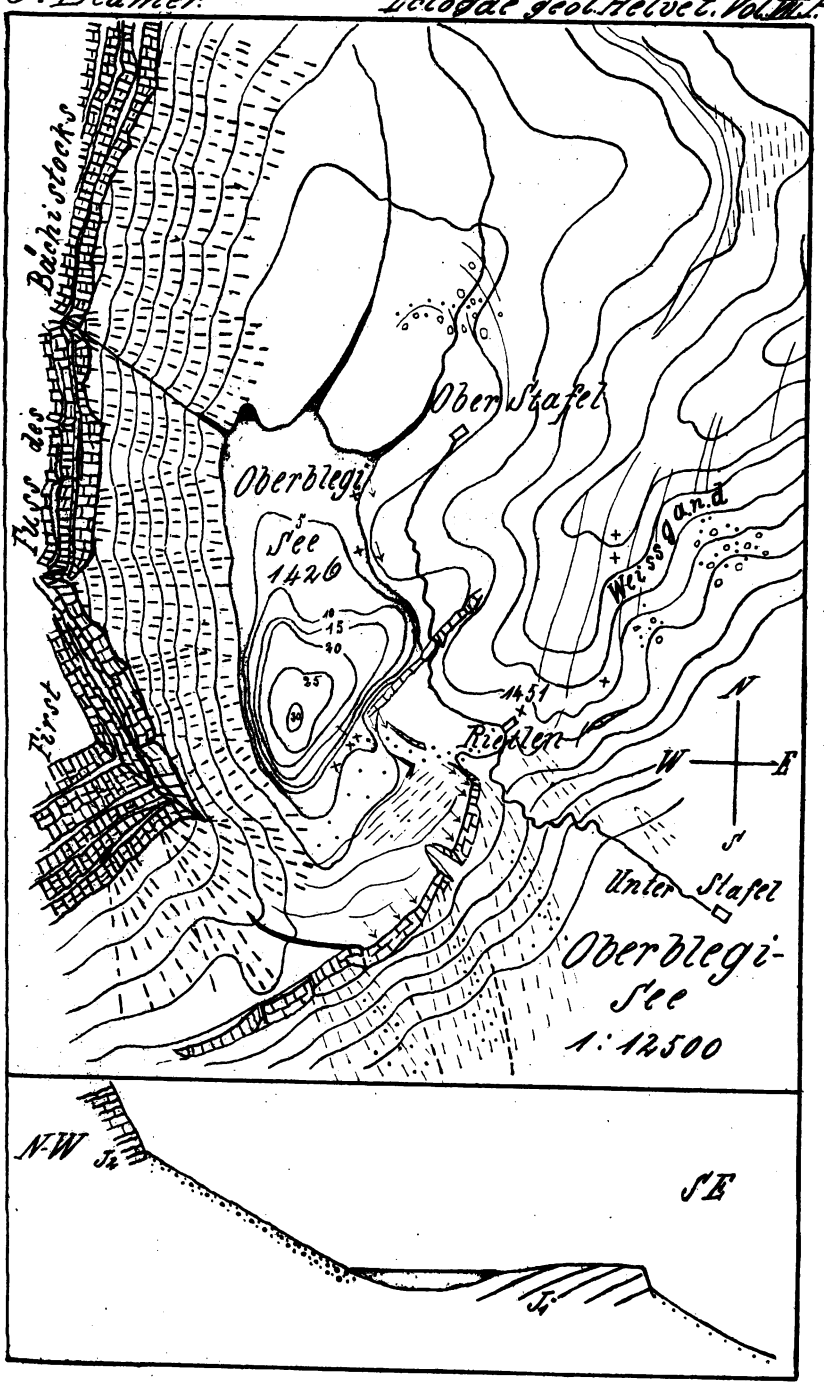
4. Aus der vertikalen Verbreitung der wirklichen und Pseudo-Kahrseen, sowie der Kahre ohne Seen kann ein Schluss auf die Lage der eiszeitlichen Schneegrenze in den Glarner Alpen gezogen werden. Wir kommen zu einer Schneegrenzhöhe von 1300—1500 m., während die maximale Eisstromhöhe des Linthgletschers im Glarner Hinterland 1400—1500 m. betrug.

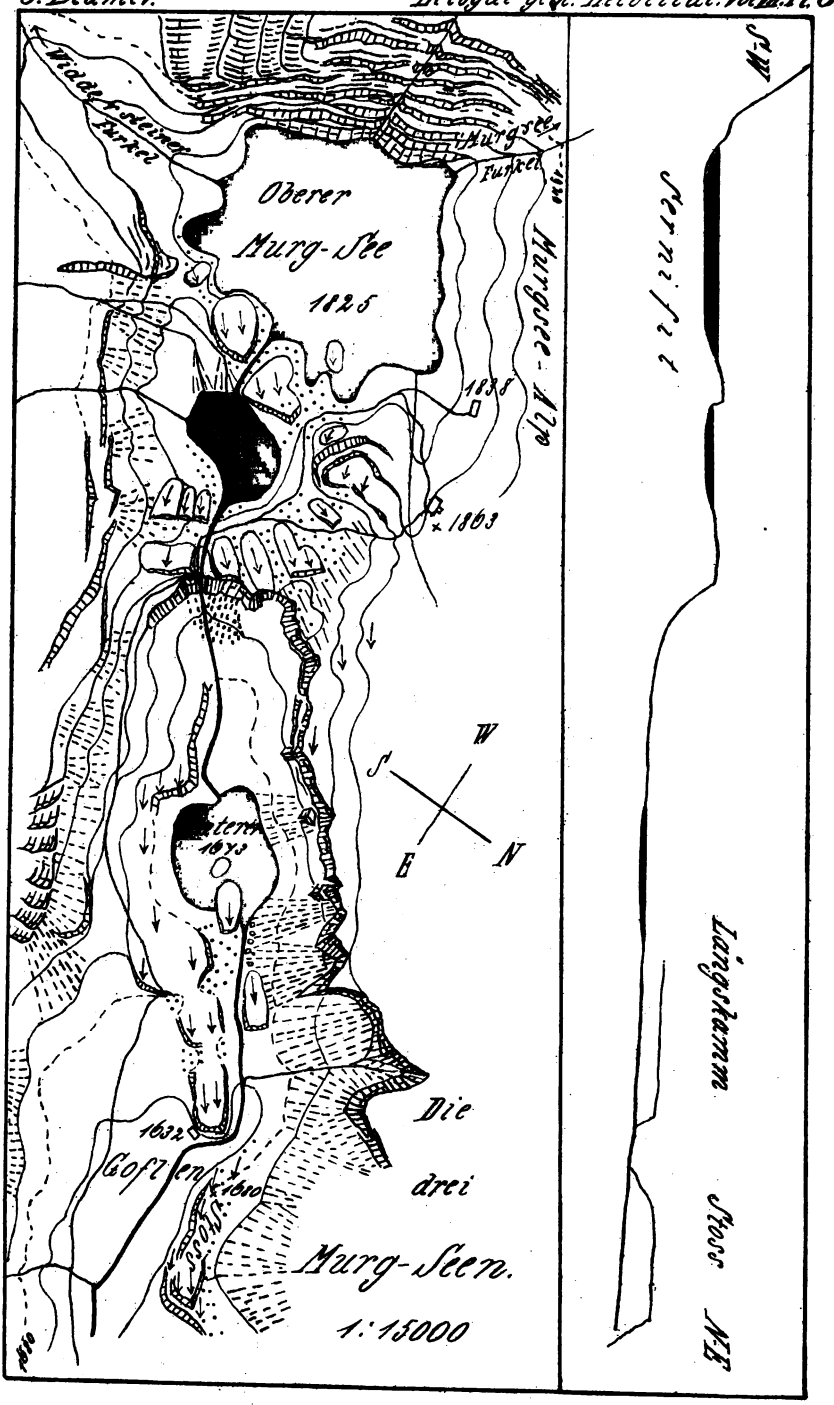


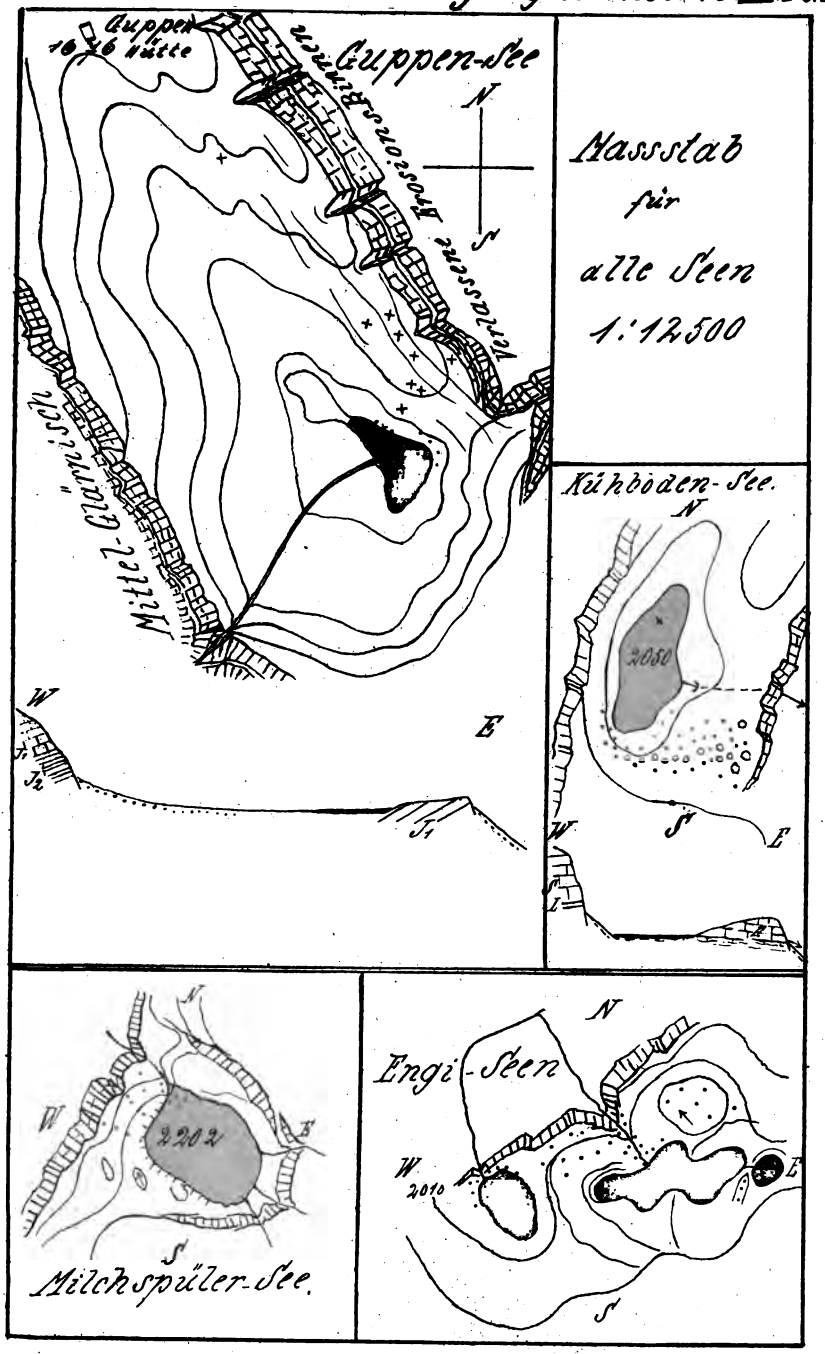
Legende zu Tafel 4, 5, 6, 7.

- Moränen-wälle
- Moränenmaterial
- × Trichter
- Gletscherschliffe
- E = Eocän
- Js = Malm
- Schuttkegel
- S = Serpentin
- Jz = Dogger
- Torf
- Jl = Lias
- L = Lochseitenkalk

Äquidistanz der Kurven 30 m.


Fuss des Bächistocks
First
Oberblegi
See
1426
5
10
15
20
25
30
Ober Stafel
Weissgand
1451
Rietlen
N
W
E
S
Unter Stafel
Oberblegi-
See
1:12500
N-W
J2
SE
J1


Oberer
Murg-See
1825
Murgsee-Alp
1838
1863
Die
drei
Murg-Seen.
1:15000
1632
Goflen
1680
S
W
E
N
Sernifit
Längskamm
Stoss
NE


Guppen-See
Guppen 1646 Hütte
Verlassene Erosionsrinnen
Mittel-Glärnisch
N
S
W
E
J1
J2
Massstab für alle Seen 1:12500
Kühboden-See.
2050
Milchspüler-See.
2202
Engi-Seen
2010

QE585 .B65
Zur Entstehung der glarnerischen Al
Kummel Library AQQ9824
3 2044 032 827 891

QE 585 .B65

Blumer, Samuel

Glarnerischen alpenseen

DATE DUE | BORROWER'S NAME

QE 585 .B65

DATE DUE

GAYLORD PRINTED IN U.S.A.